



Plan de Vigilancia Mundial para Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)



INFORME FINAL DEL PROYECTO

UNEP/GEF “APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MONITOREO GLOBAL (GMP2) DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES, COPS, EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE”

MÉXICO

DICIEMBRE, 2021



COORDINACIÓN GENERAL DE CONTAMINACIÓN Y SALUD AMBIENTAL



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Dr. Luis Gerardo Ruíz Suárez

Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

COORDINACIÓN TÉCNICA

Dr. Arturo Gavilán García

Director de Investigación sobre
Contaminación, Sustancias, Residuos y
Bioseguridad

I. Q. Luis Felipe Abreu García

Subdirector de Evaluación analítica de
Contaminantes

M. en C. Roberto Basaldud Cruz

Subdirector de Investigación de Exposición a
la Contaminación

Dra. Silvia Paz Días Camacho

Rectora

M. C. Ricardo Bojórquez Grijalva

Dirección Unidad Los Mochis

Dra. Arlene Guadalupe Mora Romero

Directora del Instituto de Investigación en
Ambiente y Salud

**Dra. María del Carmen Martínez
Valenzuela**

Responsable del Laboratorio de
Genotoxicología

Dr. Jeován Alberto Ávila Díaz

Universidad Autónoma de Occidente

M. C. Hugo Galindo Flores

Universidad Autónoma de Occidente

M. C. Gabriel Castro Carranza

Universidad Autónoma de Occidente

Ing. Marisa Dei Apodaca Avalos

Universidad Autónoma de Occidente

Biol. Abygail Lagarda Escárrega

Universidad Autónoma de Occidente

Biol. José de Jesús Huichapan Martínez

Universidad Autónoma de Occidente

Biol. Omar Guerra Meza

Universidad Autónoma de Occidente

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Diciembre 2021. Boulevard Adolfo
Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México,
C.P. 14210. <https://www.gob.mx/inecc>

CONTENIDO

<i>Prefacio</i>	10
<i>Abreviaturas y acrónimos</i>	12
<i>Resumen ejecutivo</i>	13
1. Introducción	15
2. Descripción del país	16
3. Disposiciones organizativas	19
4. Actividades nacionales	21
4.1 Muestreo en aire (pasivo)	24
4.1.1 Coordinación	24
4.1.2 Metodología	25
4.1.3 Muestreo	25
4.1.4 Análisis	27
4.1.5 Resultados aire	28
4.1.6 Análisis comparativo	32
4.2 Muestreo en agua	334
4.2.1 Coordinación	33
4.2.2 Metodología	33
4.2.3 Muestreo	34
4.2.4 Análisis	35
4.2.5 Resultados	36
4.2.6 Análisis comparativo	38
4.3 Muestreo en leche materna	39
4.3.1 Coordinación	39
4.3.2 Metodología	40
4.3.3 Muestreo	40
4.3.4 Análisis	42
4.3.5 Resultados	43
4.3.6 Análisis comparativo	45
4.4 Resumen del monitoreo nacional	46
4.4.1 Datos generados del monitoreo	46
4.5 Estudio internacional de intercalibración	51
4.5.1 Visión general	51
4.5.2 Capacidad nacional	52
5. Participación en otras actividades y redes de supervisión	55
6. Plan de sostenibilidad	56
7. Resultados y logros	58
8. Conclusión y recomendaciones	59
9. Referencias	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del sitio de monitoreo de aire ambiente Los Mochis, México, de la campaña 2017-2018. Fuente: GMP-DWH	26
Figura 2. Resultados de COPs básicos en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.	29
Figura 3. Resultados de PCBs indicadores en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.	30
Figura 4. Resultados de PCBs similares a dioxinas en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.	30
Figura 5. Resultados de PBDEs y polibromobifenil (PBB 153) en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.	31
Figura 6. Resultados de PCDD/PCDFs en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.	31
Figura 7. Resumen estadístico de la concentración de DDTs en el aire del monitoreo de la región GRULAC 2017 y 2018. Fuente: GMP:DWH.	32
Figura 8. Comparación de la concentración de la suma de 6 DDTs de muestras de aire en México. Fuente: GMP-DWH.	33
Figura 9. Localización geográfica del sitio de monitoreo de agua en México de la campaña 2017-2018. Fuente: GMP-DWH.	35
Figura 10. Concentración de PFHxS, PFOA y PFOS en agua de México 2017-2018.	37
Figura 11. Resumen estadístico de la concentración de PFHxS (a), PFOA (b) y PFOS (c) en agua de la región GRULAC 2017-2018.	38
Figura 12. Comparación de la concentración de PFHxS (a), PFOA (b) y PFOS (c) de muestras de México 2017-2018.	40
Figura 13. Localidad de monitoreo de COPs en leche materna en México durante las campañas de 2017-2018. Fuente: GMP-DWH	42
Figura 14. Resultados de COPs en muestras de leche materna de México campaña 2017.	44
Figura 15. Resultados de PeCB en muestras de leche materna de México campaña 2011 (·) y 2017 (·).	46
Figura 16. Resultados de PCBs PCDFs y PCDDs en muestras de leche materna de México campañas 2011 (·) y 2017 (·).	46
Figura 17. Resumen estadístico de la concentración de 6 DDTs en	47

leche materna del monitoreo de la región GRULAC 2017-2018. Fuente: GMP-DWH.

- Figura 18.** Comparación de la concentración de DDTs en leche materna 2011 y 2017. Fuente: GMP-DWH. 46
- Figura 19.** Redes de monitoreo en las que ha participado México y su aportación en la evaluación de parámetros por matrices analizadas. GMP-DWH. 47
- Figura 20.** Cantidad de datos de todos los parámetros de COPs en el aire por año. 48
- Figura 21.** Cantidad de datos de todos los parámetros de COPs en el aire por año. 49
- Figura 22.** Resultados nacionales y resumen de disponibilidad de datos del monitoreo de COPs en aire, agua y leche materna. 49
- Figura 23.** Mapa de tendencias de DDTs del monitoreo de COPs en aire. Fuente: GMP-DWH 51
- Figura 24.** Comparativo y tendencia de DDTs del monitoreo en aire de Los Mochis-México y Sturgeon Point-USA. 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminantes orgánicos persistentes (COPs) incluidos en el Convenio de Estocolmo 2021.	10
Tabla 2. Lista de parámetros evaluados por grupo químico y concentración.	201
Tabla 3. Sustancias de estudio en el aire de Los Mochis, Sinaloa.....	24

PREFACIO

Los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) son sustancias químicas tóxicas, resistentes a la degradación, bioacumulables y capaces de translocarse largas distancias a través del aire, agua y los organismos migratorios.

Los COPs pueden categorizarse en distintos grupos químicos y son usados para propósitos diversos. Dichos compuestos suelen ser plaguicidas de uso agrícola, productos químicos industriales y productos químicos generados involuntariamente como resultado de reacciones químicas o una combustión incompleta.

Durante décadas han sido documentados los riesgos a la salud humana y al ambiente que supone el uso desmedido de COPs por lo que en 2001 se llevó a cabo la firma del Convenio de Estocolmo como un acuerdo internacional. El objetivo del Convenio es eliminar o reducir la generación, uso y efectos negativos causados por plaguicidas, residuos peligrosos, productos industriales y subproductos de los COPs.

Inicialmente, doce contaminantes orgánicos persistentes se incluyeron en el Anexo A del Convenio y desde entonces los países firmantes, como México, se han comprometido en la implementación de medidas para prohibirlos o restringirlos a nivel mundial.

Actualmente se han añadido 18 nuevas sustancias químicas en los anexos A, B y C de las reuniones de 2009 y 2019, respectivamente. En la Tabla 1 se enlistan las 30 sustancias químicas que están considerados como COPs en el Convenio hasta el momento.

Tabla 1. Contaminantes orgánicos persistentes (COPs) incluidos en el Convenio de Estocolmo 2021.

	<i>SUSTANCIA QUÍMICA</i>	<i>ACRONIMO</i>	<i>CATEGORÍA</i>	<i>ANEXO</i>
1	Aldrin		P	A
2	Alfa-hexaclorociclohexano	α -HCH	P	A
3	Beta-hexaclorociclohexano	β -HCH	P	A
4	Clordano		P	A
5	Clordecona		P	A
6	Éter de decabromodifenilo	Deca-BDE	I	A
7	Dicofol		P	A
8	Diclorodifeniltricloroetano	DDT	P	A
9	Dieldrin		P	B
10	Endosulfán		P	A
11	Endrín		P	A

	SUSTANCIA QUÍMICA	ACRONIMO	CATEGORÍA	ANEXO
12	Gamma-hexaclorociclohexano	γ-HCH	P	A
13	Heptacloro		P	A
14	Hexabromobifenilo	HBB	P	B
15	Hexabromociclododecano	HBCD	I	A
16	Éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo	PBDE	P	A
17	Hexaclorobenceno	HCB	I, P, UP	A
18	Hexaclorobutadieno	HCBD	I, UP	A y C
19	Mirex		P	A y C
20	Pentaclorobenceno	PeCB	I, P, UP	A
21	Pentaclorofenol, sus sales y ésteres	PCP	P	A y C
22	Ácido perfluorooctano sulfónico	PFOS	I, P	A
23	Ácido perfluorooctanoico	PFOA	I	B
24	Bifenilos policlorados	PCB	I, UP	A
25	Dibenzo-para-dioxinas policloradas	PCDD	UP	A y C
26	Dibenzofuranos policlorados	PCDF	UP	C
27	Naftalenos policlorados	PCN	I, UP	C
28	Parafinas cloradas de cadena corta	SCCPs	I	A y C
29	Éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo	PBDE	P	A
30	Toxafeno		P	A

P = Plaguicida

I = Industrial

UP = Producción no intencionada

Anexo A = Eliminación

Anexo B = Restricción

Anexo C = Producción no intencionada

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

COPs	Compuestos orgánicos persistentes
PVM	Plan de Vigilancia Mundial
CAP	Captadores Pasivos de Aire
GAPS	Global Atmospheric Passive Sampling
GEF	Global Environment Fund
GMP	Global Monitoring Programme
GRULAC	Grupo Latinoamericano y del Caribe
GC-HRMS	Gas Chromatography / High Resolution Mass Spectrometry
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
PNI	Plan Nacional de Implementación
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UAdO	Universidad Autónoma de Occidente
OMS	Organización Mundial de la Salud
LOQ	Limit of quantification
LB	lowerbound
MTM	Man-Technology-Environment Research Centre
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
IDAEA	Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua
NOM	Normas Oficiales Mexicanas

RESUMEN EJECUTIVO

En cumplimiento de las directrices del Convenio de Estocolmo (CE) en lo que respecta al reporte de información y datos de monitoreo a nivel nacional en el marco del Plan de Vigilancia Mundial (PVM) de COPs se elaboró el presente documento.

Para la implementación del PVM en México se realizaron campañas en sitios específicos de muestreo nacionales. Para la recolección de la información disponible en las matrices se tomaron y enviaron muestras de puntos focales de monitoreo de acuerdo a la Guía para el PVM de COPS (UNEP-POPS-COPS.10-INF-42). Los datos de los programas de vigilancia se obtuvieron principalmente de los proyectos GMP II del PNUMA/FMAM, las redes de vigilancia del aire GAPS y la encuesta de la OMS sobre la leche materna humana.

Este es un Informe nacional de México sobre el monitoreo de COPs elaborado con la información del monitoreo en las matrices agua, aire (pasivo) y leche materna. El reporte incluye los resultados de las campañas cuyos datos se encuentran disponibles a la fecha, comparaciones de las concentraciones de COPs en sitios cuya evaluación se ha seguido en años consecutivos; así como el análisis de resultados con énfasis en los compuestos de mayor concentración en comparación a otros países de la región del Grupo Latinoamericano y del Caribe (GRULAC) a la que pertenece México.

La participación de México en el PVM ha favorecido la identificación de los compuestos que prevalecen en las zonas de estudio y abona al análisis de riesgos potenciales. Se ha fomentado la participación de laboratorios nacionales en ejercicios de intercalibración para la determinación de COPs en muestras humanas y ambientales. Dentro de los avances en comparación a otros reportes de monitoreo nacionales, se encuentran el aumento en los datos generados, particularmente para las matrices aire y leche materna; el fortalecimiento de capacidades a través del entrenamiento técnico, la implementación de metodologías homogéneas y protocolos analíticos que permiten la obtención de resultados de mayor confiabilidad y comparables con los del resto de países involucrados; así como la participación en las redes de GRULAC.

Pese a que aún se presentan diversas limitantes en cuanto a la consecutividad de los tiempos y sitios de monitoreo que permitan hacer una análisis de tendencias nacionales y cuyos resultados puedan ser generalizados al país, los resultados obtenidos hasta el momento indican la presencia de múltiples COPs, especialmente de sustancias que se encuentran bajo alguna restricción nacional como los DDTs, Endosulfán, PeCB y PCBs.

Destacamos la necesidad de aumentar la capacidad de monitoreo y generación de datos sobre COPs a nivel nacional, ya que es imprescindible para la presentación de resultados que sirvan de instrumento para promover el diálogo

y acciones que ayuden a minimizar el impacto de COPs a la salud pública y al medio ambiente. Lo anterior en pro de la aplicación de medidas efectivas de vigilancia y reglamentación nacional.

Por otro lado, es importante señalar que en México se cuenta con una capacidad suficiente para generar información de COPs en matrices biológicas y ambientales, así como para obtener resultados confiables. Sin embargo, es necesario fortalecer la infraestructura existente y consolidar la instrumentación analítica del país.

Finalmente, se presenta este informe de acuerdo con el objetivo de dar seguimiento al PVM como contribución a la evaluación de la eficacia del Convenio.

1. INTRODUCCIÓN

En el artículo 16 del Convenio de Estocolmo se estipula que las partes evalúen periódicamente la efectividad del convenio como instrumento para alcanzar el objetivo de proteger la salud humana y el ambiente de los COPs. A su vez, la presentación de la información procedente de los informes nacionales en virtud del artículo 15 y la información sobre el incumplimiento en relación al artículo 17.

Dicha evaluación debe considerar datos de monitoreo que sean comparables entre si y estén bajo los lineamientos del PVM de los COPs. Los lineamientos para llevar a cabo el PVM se encuentran descritos en la Guía para la implementación del PVM (UNEP-POPS-COPS.10-INF-42).

A partir de la ratificación del Convenio de Estocolmo por México en 2004, está presente el compromiso de poner en práctica el PVM a nivel nacional como un componente clave en la evaluación de la eficacia del convenio y proporciona un método para identificar los cambios en las concentraciones de contaminantes en los sitios de monitoreo nacionales, así como para obtener información sobre su transporte ambiental dentro de la región y de manera global.

El proyecto UNEP/GEF “APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MONITOREO GLOBAL, GMP, DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES, COPS, EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE” ha sido aplicado con la finalidad de que países como México fortalezcan y mejoren sus capacidades para la generación de información sobre presencia y cambios en los niveles de los COPs, contribuyendo a la integración de información comparable para la región del GRULAC. Así mismo, el desarrollo del proyecto facilita la interacción entre expertos de México y de otros países a través de un trabajo de colaboración técnica.

El presente informe de seguimiento presenta la información de la más reciente fase del PVM y proporciona los hallazgos actuales sobre las concentraciones de COPs en México y en comparación con la Región GRULAC, incluyendo las concentraciones de COPs medidos por primera vez a nivel nacional.

2. DESCRIPCIÓN DEL PAÍS

México es el topónimo de Los Estados Unidos Mexicanos, éstos constituyen una república representativa, democrática, laica y federal (CPEUM: Art. 40). Su extensión territorial es de 1,960,189 km², incluyendo la superficie continental y la superficie marítima, lo que lo posiciona en el catorceavo lugar a nivel mundial y el sexto en el Continente Americano (INEGI 2021a). Sus límites fronterizos equivalen a 4,301 km, compartiendo fronteras al norte con los Estados Unidos de América y al sur con Guatemala y Belice (INEGI, 2021a; SER 2021).

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, México tiene una población de 126,014,024 habitantes, de los cuales, el 51.2 % corresponde a la población femenina y el 48.8 % a la población masculina, la densidad poblacional en el país es de 64 km². La esperanza de vida de los mexicanos ronda en los 70 años y el 6.2 % de la población mayor de 5 años habla una lengua indígena (INEGI 2021b).

La república mexicana se encuentra entre las quince economías más grandes del mundo y es la segunda de América Latina; tiene instituciones macroeconómicas sólidas y está abierto al comercio (Banco Mundial, 2021); su Producto Interno Bruto (PIB) fue de 17,965,150 millones de pesos durante el segundo trimestre del 2021, con un incremento del 1.5 % en relación con el trimestre anterior (INEGI 2021c), desafortunadamente la economía se contrajo un 8.2 % en 2020, debido a los choques de oferta y demanda derivados de la pandemia de COVID-19, que tuvieron profundos impactos en las empresas, el empleo y los hogares (Banco Mundial 2021).

México es uno de los países con mayor diversidad cultural, natural y lingüística en el mundo; la diversidad lingüística de nuestro país se expresa, principalmente, en las lenguas habladas por los 68 pueblos indígenas identificados en el territorio nacional (IMPI 2016) y su diversidad biológica lo destaca a nivel mundial, catalogándolo como un país megadiverso, por el número de especies de reptiles, mamíferos, anfibios, plantas vasculares y aves. Especialmente, alberga un gran número de especies endémicas (CONABIO 2020).

México enfrenta el reto de atender numerosos problemas relacionados con el ambiente, algunos de los más importantes son reducir la pérdida y la degradación de sus ecosistemas terrestres y acuáticos, conservar su biodiversidad, asegurar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, avanzar en su adaptación a los efectos del cambio climático y mejorar la calidad del aire en muchas zonas urbanas del país (SEMARNAT 2019).

Los resultados de la Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el hombre en la República, indican que en el año 2002 el 44.9 % de los suelos del país se encontraban afectados por algún proceso de degradación (el 17.8 %

degradación química, el 11.9 % erosión hídrica, el 9.5 % erosión eólica y el 5.7 % degradación física) (SEMARNAT y DG 2004; SNIB 2021).

Por su parte, el Informe Nacional de la Calidad del Aire 2019, presentó el diagnóstico sobre el estado de la calidad del aire en México para el año 2019 con relación a las partículas suspendidas (PM10 y PM2.5), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂) y dióxido de azufre (SO₂), dicho informe señala que de las 455 estaciones de monitoreo que generaron información suficiente para permitir la evaluación de cumplimiento de la norma, en el 49 % de ellas no se rebasó el límite normado, mientras que en el resto se rebasó al menos un límite, principalmente de PM2.5, PM10 y O₃ (INECC, 2020). La problemática de la calidad del aire en México, se agudiza en las zonas metropolitanas, como el Valle de México, Guadalajara y Monterrey. En respuesta a esta problemática, el gobierno de México ha impulsado diversas estrategias, planes y programas, encaminados a mejorar la calidad del aire y/o mitigar el efecto de dichos contaminantes. La Estrategia Nacional de Cambio Climático [ENCC] (ENECC 2013), el Inventario Nacional de Emisiones y Gases Efecto Invernadero (INEYGEI) (INECC, 2021), el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire [ProAire] (SEMARNAT, 2021), el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire [SMCA] (INECC, 2021) y el Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire [SINAICA] (SINAICA, 2021).

Referente a los recursos hidrológicos del país, para el 2004 se habían registrado en México 653 acuíferos en todo el territorio nacional. Estos presentan sobreexplotación y, en algunos casos, problemas de intrusión salina.

México cuenta con 653 acuíferos, 757 cuencas y 51 ríos, no obstante, la disponibilidad del agua constituye la mayor limitante para la producción de alimentos porque no se cuenta con este recurso de forma homogénea en el territorio ni de manera permanente. La demanda del vital líquido va en aumento, del total del agua concesionada por uso consuntivo, el sector agrícola es el más demandante con un 76.3%, seguido del abastecimiento público que representa el 14.6% y el industrial con el 9.1% (SINA, 2021).

La Estadísticas del Agua en México 2018, señala que México cuenta con 653 acuíferos, 757 cuencas y 51 ríos, no obstante, la disponibilidad del agua constituye la mayor limitante para la producción de alimentos porque no se cuenta con este recurso de forma homogénea en el territorio ni de manera permanente, la demanda del vital líquido va en aumento, del total del agua concesionada por uso consuntivo, el sector agrícola es el más demandante con un 76.3%, seguido del abastecimiento público que representa el 14.6% y el industrial con el 9.1% (SINA, 2021). La sobreexplotación de los acuíferos ha ido en aumento, de 32 acuíferos sobreexplotados en 1975 a 157 en 2019 (INEGI, 2021a), los acuíferos con intrusión marina y/o bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres, son un serio problema para este recurso hídrico; por su parte, las descargas de aguas residuales sin tratar contaminan los cuerpos de agua superficiales (SINA, 2021). En 2017 la red nacional de monitoreo de calidad del agua contaba con 5,028 sitios, distribuidos en todo el país, y reportó que el

53.6 % del agua superficial como excelente, el 12.9 % de buena calidad, 23 % aceptable, el 7 % contaminada y el 3.5 % como fuertemente contaminada (INEGI, 2021a; SINA, 2021).

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (INECC, 2006), se estima que se generan alrededor de 5.3 millones de toneladas de residuos peligrosos sólidos, 18.4 millones de litros, 4.4 mil m³ y 382 mil piezas, aunque se reconoce que este inventario requiere precisarse.

Respecto al impacto potencial de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en las actividades económicas, estos dependen, entre otros, de sus efectos en especies de importancia económica de exportación o de consumo nacional, lo cual puede llegar a ocurrir como consecuencia del lavado de tierras de cultivo contaminadas o de la contaminación marina.

El principal impacto social de la contaminación antropogénica en términos generales resulta de la alteración de los ecosistemas; y en un país como México, donde la vulnerabilidad de grupos poblacionales debido a deficiencias nutricionales y a la potencial exposición diferencial a tóxicos, representa una amenaza para el desarrollo del país en su conjunto (INEGI, 2005).

En materia de normatividad ambiental, el marco jurídico de las sustancias químicas en México, incluye numerosas leyes, reglamentos y normas oficiales mexicanas (NOM) que en su conjunto regulan cada paso del ciclo de vida de estas sustancias, hasta su disposición final como residuos peligrosos. A su vez, las sustancias, materiales o residuos peligrosos y los contaminantes químicos liberados en el ambiente están sujetos a la Ley Federal del Trabajo, su Reglamento en Materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo y las NOM en la materia, a fin de prevenir o reducir sus riesgos para la salud de los trabajadores. Dispersas en otros ordenamientos jurídicos se encuentran disposiciones que aplican a la gestión de las sustancias químicas y de sus fuentes.

Debido a este amplio número de regulaciones, el marco jurídico de las sustancias químicas en México resulta complejo, presenta vacíos, inconsistencias y duplicidades importantes, y su cumplimiento ha mostrado deficiencias debido, entre otras causas, a la escasez de personal encargado de los sistemas de inspección y vigilancia.

La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) comprende capítulos específicos para prevenir y controlar la contaminación del agua, suelo y aire, y presta particular atención a las emisiones de procesos productivos, lo cual ha dado el sustento para la creación de normas que limitan las emisiones de contaminantes principalmente a la atmósfera. El Reglamento de esta Ley en materia de Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) constituye la base legal para el reporte por las fuentes de jurisdicción federal de las emisiones al aire, de las descargas al agua (reguladas por la Ley de Aguas Nacionales y la normatividad que de ella deriva), y de la generación de residuos peligrosos, incluyendo a aquellos que contengan

dioxinas, furanos y HCB, así como su actualización y reporte anual, a partir de una cédula de operación anual (COA). La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) y su Reglamento contienen disposiciones específicas para regular los procesos de incineración y de procesamiento de residuos.

Aun cuando son indudables los beneficios derivados de las normas antes citadas, también es un hecho que la implementación del Convenio de Estocolmo ofrece la oportunidad de revisarlas y, en su caso, adecuarlas para lograr el objetivo de reducción o eliminación de COPs. En relación a la Evaluación de los Efectos de los COPs en la salud y el ambiente, así como de sus Implicaciones Socioeconómicas, el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo contempla en su segundo plan de acción, el que se prevengan o reduzcan los riesgos para la salud humana, a la biota acuática y terrestre, y al ambiente derivados de la contaminación COPs y sus impactos socioeconómicos, evaluándose la eficacia del objetivo por medio de los resultados de las tendencias de los COPs en diferentes medios y matrices establecidas a partir de datos y reportes generados por el PRONAME; el Programa Nacional de Monitoreo y Evaluación Ambiental de Sustancias Tóxicas Persistentes y Bioacumulables que surge bajo el marco del Acuerdo para la Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) y de las actividades que realiza el Grupo de Manejo Adecuado de Sustancias Químicas de la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), que convino en desarrollar un Plan de Acción Regional sobre Monitoreo y Evaluación Ambientales (EMA) de sustancias tóxicas persistentes, junto con Canadá y EUA. Este PRONAME vincula ambas iniciativas: EMA/CCA y el Plan Nacional de Implementación, a fin de crear sinergias entre ellas, lo cual hace necesario desarrollar una capacidad analítica confiable sobre COPs y otras sustancias tóxicas, persistentes y bioacumulables.

3. DISPOSICIONES ORGANIZATIVAS

Para la puesta en marcha del PVM el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), a través de la Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental que es Centro Regional del Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe desde 2009, implementó acciones y acuerdos de cooperación con instituciones para llevar a cabo el monitoreo de COPs en las matrices aire, agua y leche materna.

La Universidad Autónoma de Occidente (UAdO) fue responsable del muestreo pasivo de aire y leche materna llevando a cabo los protocolos de muestreo para las matrices seleccionadas.

4. ACTIVIDADES NACIONALES

El trabajo de México para dar continuidad al monitoreo de COPs inicia con la identificación de los problemas y necesidades para la nación que se encuentran plasmados en el plan nacional de implementación (PNI) (SEMARNAT 2016) elaborado de acuerdo a las recomendaciones de la 9ª Conferencia de las Partes que se celebró en Ginebra, Suiza, del 29 de abril al 10 de mayo de 2019.

En este proceso se identificaron varias líneas de acción para el Centro Regional en relación al PVM como:

- Mejorar la información existente sobre la producción, uso, inventario y capacidad analítica de monitoreo y medición de los nuevos COPs.
- La capacidad de seguimiento y análisis de los COPS del Convenio en todas las matrices ambientales, especialmente para el análisis de dioxinas y furanos, y de los nuevos COPS como el endosulfán, los PFOS y las moléculas bromadas. Así como en matrices biológicas como la leche materna.
- Desarrollar la capacidad de monitoreo, muestreo y análisis para dioxinas y furanos, ya que en la mayoría de los países de la región no se cuenta con dicha capacidad.
- Utilizar las mejores tecnologías disponibles y las mejores prácticas ambientales en todos los sectores.
- Implementar programas y metodologías para la gestión de sitios contaminados.
- Capacitar en métodos de muestreo y análisis en la COPS.

Para el aseguramiento de la implementación del monitoreo de las sustancias del Anexo A, B y C y algunos de sus metabolitos, se han clasificado los parámetros a determinar en las matrices de muestreo para aire, agua y leche materna. En el reporte actual se incluyen resultados con la adición de las nuevas sustancias para las que se tiene registro de datos de las matrices aire y leche materna de las muestras nacionales. Mientras que para el agua los parámetros considerados de los que se dispone de registro solo fueron PFHxS, PFOA y PFOS. En la Tabla 2 se clasifican dichos parámetros de acuerdo al grupo de compuesto al que pertenecen.

Tabla 2. Lista de parámetros evaluados por grupo químico y concentración.

GRUPO	PARÁMETRO
Insecticidas organoclorados: Subgrupo ciclodienos	Aldrín (pg/m ³)
	cis-Clordano (pg/m ³)
	trans-Clordano (pg/m ³)

GRUPO	PARÁMETRO
	cis-Nonacloro (pg/m ³)
	trans-Nonacloro (pg/m ³)
	Oxy Clordano (pg/m ³)
	Dieldrín (pg/m ³)
	Endosulfán I (alpha) (pg/m ³)
	Endosulfán II (beta) (pg/m ³)
	Endosulfán Sulfato (pg/m ³)
	Endrín (pg/m ³)
	Heptacloro (pg/m ³)
	Suma de 2 Epóxidos de Heptacloro (pg/m ³)
	Mirex (pg/m ³)
Dicloro difenil tricloroetano (DDT) y sus isómeros	o,p-DDD (pg/m ³)
	o,p-DDE (pg/m ³)
	o,p-DDT (pg/m ³)
	p,p-DDD (pg/m ³)
	p,p-DDE (pg/m ³)
	p,p-DDT (pg/m ³)
	Suma de 3 p,p-DDTs (pg/m ³)
	Suma de 6 DDTs (pg/m ³)
Hexaclorobenceno (HCB)	HCB (pg/m ³)
Bifenilos Policlorados y congéneres (BPC)	BPC 28 (pg/m ³)
	BPC 52 (pg/m ³)
	BPC 101 (pg/m ³)
	BPC138 (pg/m ³)
	BPC 153 (pg/m ³)
	BPC 180 (pg/m ³)
	Suma de 6 BPCs (pg/m ³)
	Suma de 7 BPCs (pg/m ³)
Bifenilos Policlorados y congéneres con TEFs (BPC con TEF)	BPC 105 (fg/m ³)
	BPC 114 (fg/m ³)
	BPC 118 (fg/m ³)
	BPC 156 (fg/m ³)
	BPC157 (fg/m ³)
	BPC 189 (fg/m ³)
Dibenzodioxinas y Dibenzofuranos policlorados y congéneres (PCDD y PCDF)	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD (fg/m ³)
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF (fg/m ³)
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF (fg/m ³)
	1,2,3,4,7,8-HxCDD (fg/m ³)
	1,2,3,4,7,8-HxCDF (fg/m ³)
	1,2,3,6,7,8-HxCDD (fg/m ³)
	1,2,3,6,7,8-HxCDF (fg/m ³)
	1,2,3,7,8,9-HxCDD (fg/m ³)
	1,2,3,7,8,9-HxCDF (fg/m ³)
	1,2,3,7,8-PeCDD (fg/m ³)

<i>GRUPO</i>	<i>PARÁMETRO</i>
	2,3,4,6,7,8-HxCDF (fg/m ³)
	2,3,4,7,8-PeCDF (fg/m ³)
	2,3,7,8-TCDD (fg/m ³)
	2,3,7,8-TCDF (fg/m ³)
	OCDD (fg/m ³)
	OCDF (fg/m ³)
	Suma de 7 PCDDs (fg/m ³)
Factor de Equivalencia Tóxica (TEQ): Dioxinas y Furanos y BPC similares a las Dioxinas	PCDDs WHO1998-TEQ LB (fg/m ³)
	PCDDs WHO2005-TEQ LB (fg/m ³)
	PCDDs WHO1998-TEQ UB (fg/m ³)
	PCDDs WHO2005-TEQ UB (fg/m ³)
Hexaclorociclohexano y sus isómeros (HCH)	Alfa-HCH (pg/m ³)
	Beta-HCH (pg/m ³)
	Gama-HCH (pg/m ³)
Pentaclorobenceno (PeCB)	PeCB (pg/m ³)
Bromo Difenil Éteres y sus isómeros (PBDE)	BDE 47 (pg/m ³)
	BDE 99 (pg/m ³)
	BDE 153 (pg/m ³)
	BDE 154 (pg/m ³)
	BDE 175/183 (pg/m ³)
	BDE 17 (pg/m ³)
	BDE 28 (pg/m ³)
	BDE 100 (pg/m ³)
Deca-BDE209 (pg/m ³)	
Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)	PFOS (pg/m ³)
	NMeFOSA (pg/m ³)
	NMeFOSE (pg/m ³)
	NEtFOSA (pg/m ³)
	NEtFOSE (pg/m ³)
Hexabromociclododecano (HBCD)	Alfa-HBCD (pg/m ³)
	Beta-HBCD (pg/m ³)
	Gama-HBCD (pg/m ³)
Hexaclorobutadieno (HCBd)	HCBd (pg/m ³)
Hexabromobifenilo (PBB)	PBB 153 (pg/m ³)
Pentaclorofenol (PCA)	PCA (ng/g fat)
	PCP (ng/g fat)
Ácido Perfluorooctanoico (PFOA)	PFOA (pg/m ³)
Dicofol	Dicofol (ng/g fat)
Ácido Perfluorohexano Sulfónico (PFHxS)	PFHxS (pg/m ³)

4.1 Muestreo en aire (pasivo)

4.1.1 Coordinación

El PVM se implementa en las cinco regiones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en coordinación con miembros estratégicos para la matriz aire, entre ellos, la Red de Muestreo Pasivo Atmosférico Global (GAPS).

El aire es una de las matrices objetivo del PVM para determinar tendencias y transporte de COPs. Desde 2004, en la región de América Latina y El Caribe, se han monitoreado más de cien parámetros en Aire ambiente con muestreadores pasivos en 106 sitios de 19 países, entre ellos México, este último con participación en los programas GAPS, y el PVM de COPs, en los países de América Latina y el Caribe (AIR – GEF).

El objetivo del PVM es determinar los cambios en las concentraciones de los COPs enumerados a lo largo del tiempo y hacer posible la identificación de tendencias a partir del seguimiento de los COPs a nivel nacional, regional y mundial para respaldar la evaluación de la eficacia del Convenio.

De acuerdo con la Guía del PVM, los datos generados y proporcionados deben ser comparables, validados, armonizados y capaces de revelar tendencias a lo largo del tiempo y espacio de contaminantes de interés en las diversas regiones y países. Para el caso de México, con los datos colectados solo es posible hasta el momento analizar diferencias entre campañas ya que no se han generado registros por más de dos años consecutivos en un mismo sitio de monitoreo.

En México las últimas campañas de muestreo pasivo del aire ambiente para la identificación y cuantificación de COPs estuvieron a cargo de la UAdO que comprendió el periodo de evaluación de los años 2017 y 2018.

Para llevar a cabo el monitoreo de COPs en aire en México, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Universidad Autónoma de Occidente (UAdeO) Unidad Regional Los Mochis acordaron colocar los muestreadores pasivos en las instalaciones de esta última, ya que cumplía con los requisitos establecidos en el documento GMP Guidance for POPs (PNUMA 2017a).

A continuación se presenta la información obtenida del monitoreo en aire de muestras pasivas de México de las campañas 2017 y 2018.

4.1.2 Metodología

Para la identificación de COPs en el aire, se colocaron 12 muestreadores pasivos, cada uno con el disco de espuma de poliuretano (PUF, del inglés polyurethane foam disc) identificados del 1 al 12, los cuales fueron acondicionados con distintos tratamientos de acuerdo a la sustancia que fuera objeto de estudio (Tabla 3). Los PUF fueron colocados en pares con el objetivo de enviar una muestra al laboratorio internacional, CSIC-IDAEA, en Barcelona, España y otra al laboratorio nacional del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Estos PUFs fueron recolectados y reemplazados por nuevos cada tres meses.

Tabla 3. Sustancias de estudio en el aire de Los Mochis, Sinaloa.

<i>No. PUF</i>	<i>OBJETO DE ESTUDIO</i>
1, 2	COPs básicos (OCBs y toxafenos)
1, 4	PCBs indicadores
5, 6, 7	Compuestos similares a dioxinas (dl-PCBs, PCDDs, PCDFs)
9, 10	Compuestos bromados (PBDEs, PBB 153 y HBCD)
11, 12	PFAS

4.1.3 Muestreo

Sitio de muestreo

El Proyecto UNEP / GEF GMP II se llevó a cabo de 2017 a 2018. Los muestreadores pasivos se ubicaron en la azotea de un edificio de tres pisos de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, con la finalidad de que el acceso estuviera restringido al público en general, con ubicación exacta en 25°81'44.03"N, 108°96'22.86"O (Figura 1).

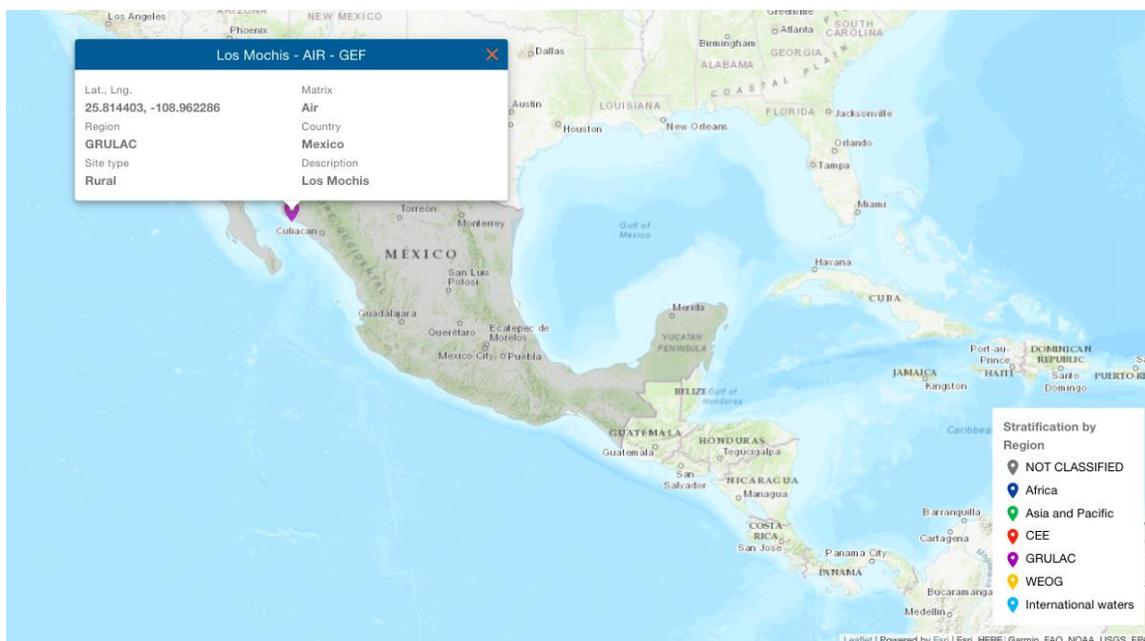


Figura 1. Localización geográfica del sitio de monitoreo de aire ambiente Los Mochis, México, de la campaña 2017-2018. Fuente: GMP-DWH

La campaña I del año 2017 correspondiente a las y los PUFs MEX-1 (2017-I), MEX-3 (2017-I), MEX-5 (2017-I), MEX-7 (2017-I) y MEX-9 (2017-I), tuvo una duración de 36 días debido a problemas técnicos con la instalación de los equipos. Esta comenzó el día 23 de febrero 2017 y las esponjas fueron retiradas y cambiadas por nuevas el día 31 de marzo de 2017.

La campaña II tuvo inicio el día 31 de marzo de 2017 y concluyó el 30 de junio de ese mismo año. En esta campaña se obtuvieron los PUFs MEX-1 (2017-II), MEX-3 (2017-II), MEX-5 (2017-II), MEX-7 (2017-II) y MEX-9 (2017-II), y tuvo una duración de 91 días.

La campaña III abarcó el periodo comprendido del 30 de junio al 30 de septiembre de 2017, con la cual se utilizaron los PUFs MEX-1 (2017-III), MEX-3 (2017-III), MEX-5 (2017-III), MEX-7 (2017-III) y MEX-9 (2017-III), con una duración de 91 días.

Referente a la primera campaña correspondiente al año 2018, el periodo de exposición para los PUFs fue de 90 días. Comenzó el 1º de enero y concluyó el 31 de marzo de ese año. Para obtener las muestras ambientales se utilizaron los PUFs MEX-1 (2018-I), MEX-3 (2018-I), MEX-5 (2018-I), MEX-7 (2018-I), MEX-9 (2018-I), las cuales fueron enviadas al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Barcelona, España el 18 de abril y la esponja MEX-11 (2018-I), cuya recolección era anual, fue enviada al Man-Technology-Environment Research Centre (MTM), Örebro, Suecia, el 25 de abril.

El segundo periodo de muestreo del año 2018 comprendió del 1 de abril al 30 de junio del mismo año, con un total de 91 días de exposición para los PUFs, los cuales se colectaron al término de esta y fueron remitidos para su análisis. Los PUFs marcados como, MEX-1 (2018-II), MEX-3 (2018-II), MEX-5 (2018-II), MEX-7 (2018-II), MEX-9 (2018-II), fueron enviados a CSIC, pero no fue posible que ingresaran Barcelona, motivo por el cuál, fueron remitidos al laboratorio en Los Mochis, Sinaloa, México y MEX-11 (2018-II) a MTM el 19 de Julio.

La campaña III comprendió un periodo de 92 días, inició el 1 de julio y concluyó el 30 de septiembre de 2017. Durante este periodo se presentó una precipitación atípica de 250 mm el día MEX-1 (2018-III), MEX-3 (2018-III), MEX-5 (2008-III), MEX-7 (2018-III), MEX-9 (2018-III), fueron enviados a CSIC el 25 de octubre de 2018, junto con los PUFs de la II campaña y MEX-11 (2018-III) a MTM.

4.1.4 Análisis

De los muestreadores pasivos de poliuretano (PUF) colocados de acuerdo con el Programa Mundial de Muestreo Atmosférico Pasivo (GAPS), se obtuvieron las muestras y se realizaron los análisis de COPs en el laboratorio de referencia: Instituto de diagnóstico ambiental y estudios del agua: Consejo Superior de Investigaciones científicas (IDAEA CSIC) –Barcelona, España.

Para analizar las muestras de agua se emplearon procedimientos de acuerdo con los protocolos:

- Protocolo 1: Análisis del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en agua y perfluorooctano sulfonamida (FOSA) en leche materna, suero humano y aire, y análisis de algunas sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAS) y etanoles de perfluorooctano sulfonamido (FOSES) en el aire (PNUMA 2015a).
- Protocolo 2: Análisis de bifenilos policlorados (PCB) y plaguicidas organoclorados (OCP) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA 2014).
- Protocolo 3: Análisis de éteres de difenilo polibromados (PBDE) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA 2013).
- Protocolo 5: Protocolo para el análisis de dibenzo-para-dioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF) y bifenilos policlorados tipo dioxina (dl-PCB) en aire ambiental y tejidos humanos (PNUMA, 2015b).

Los resultados proporcionados por el IDAEA CSIC del análisis de COPs en muestras de aire ambiente pasivas colectadas en las PUF incluían la identificación de COPs básicos, policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs) y policlorodibenzofuranos (PCDFs), bifenilos policlorados similares a dioxinas (dl-PCBs), bifenilos policlorados indicadores (PCBs Ind.), bifenil éteres polibromados (PBDEs), así como el polibromobifenil (PBB 153), en el marco del Proyecto ONU

Medio Ambiente/GEF “Continuación del Apoyo Regional en la Implementación del PVM de COPs en los países de América Latina y el Caribe”.

Los resultados de las muestras analizadas se expresaron en nanogramos por PUF (ng/PUF) para todos los compuestos, a excepción de dioxinas, furanos y dl-PCBs que se expresan en picogramo por PUF (pg/PUF).

La metodología analítica se basó en un análisis mediante acoplamiento de la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas de alta resolución (GC-HRMS) y utilizando la dilución isotópica como método de cuantificación. Previo al análisis fue necesaria una etapa de extracción llevada a cabo con ayuda de un equipo Soxhlet, y posterior purificación del extracto. La purificación se basó en cromatografía de adsorción sólido-líquido, empleando columnas abiertas eluidas por gravedad, con diferentes adsorbentes, como sílice modificada, alúmina, Florisil o carbón activo.

Para aquellas sustancias no detectadas o cuyas concentraciones fueron inferiores al límite de cuantificación (LOQ), se incluyó el valor del LOQ. y no fueron añadidas a las figuras de resultados de este informe. Se incluyeron valores suma para las diferentes familias de compuestos siguiendo la aproximación del “valor inferior” o “lowerbound” (LB), es decir, considerando igual a 0 la contribución de aquellos compuestos con valores inferiores al LOQ. Para el caso de los COPs básicos y otros grupos monitoreados, se muestra la suma de la concentración de sustancias, p.e. suma de DDTs.

4.1.5 Resultados aire

Los últimos datos registrados para los COPs básicos y sus metabolitos analizados durante las campañas 2017 y 2018 se muestran en la Figura 2, incluidas las sumas por grupos de compuestos principales. Es de destacar que se identificó en las muestras de PUFs de las 8 campañas evaluadas, la presencia de la mayoría de los parámetros considerados a analizar. Los compuestos de mayor concentración identificados durante el año 2017 fueron p,p-DDE, PeCB, Endosulfán I y II; así como la suma de DDTs. En relación con el año siguiente de monitoreo (2018), los mismos compuestos fueron detectados con resultados aritméticamente mayores en comparación al año anterior, con aumentos también en el resto de los indicadores. El dato más alarmante fue en relación a la suma de DDTs cuyo valor resultó mayor a lo reportado por otros países de la región GRULAC (Figura 7). Es claro que los compuestos identificados en los muestreadores de aire pasivo son múltiples independientemente de la concentración individual por compuesto.

Además, los resultados para PCBs indicaron un ligero aumento en la concentración entre las campañas de 2017 y 2018 (Figura 3). Por otro lado, los valores encontrados para PCBs similares a dioxinas en 2018 permanecieron cercanos y ligeramente menores al compararlos con el monitoreo del año 2017 (Figura 4).

En el caso de PBDEs, la mayoría de los isómeros identificados aumentaron en relación al año 2017, especialmente los BDE 183 y 47. La suma de PBDEs total aumentó para el año 2018 contra el año anterior. En contraste, el polibromobifenil (PBB 153) no fue detectado (Figura 5).

Finalmente los datos obtenidos para PCDD indicaron una mayor cantidad en la mayoría de los parámetros entre el año 2017 y 2018, especialmente el referente a OCDD, por lo que la suma final de PCDDs fue alta y mayor la del monitoreo de 2018 (Figura 6).

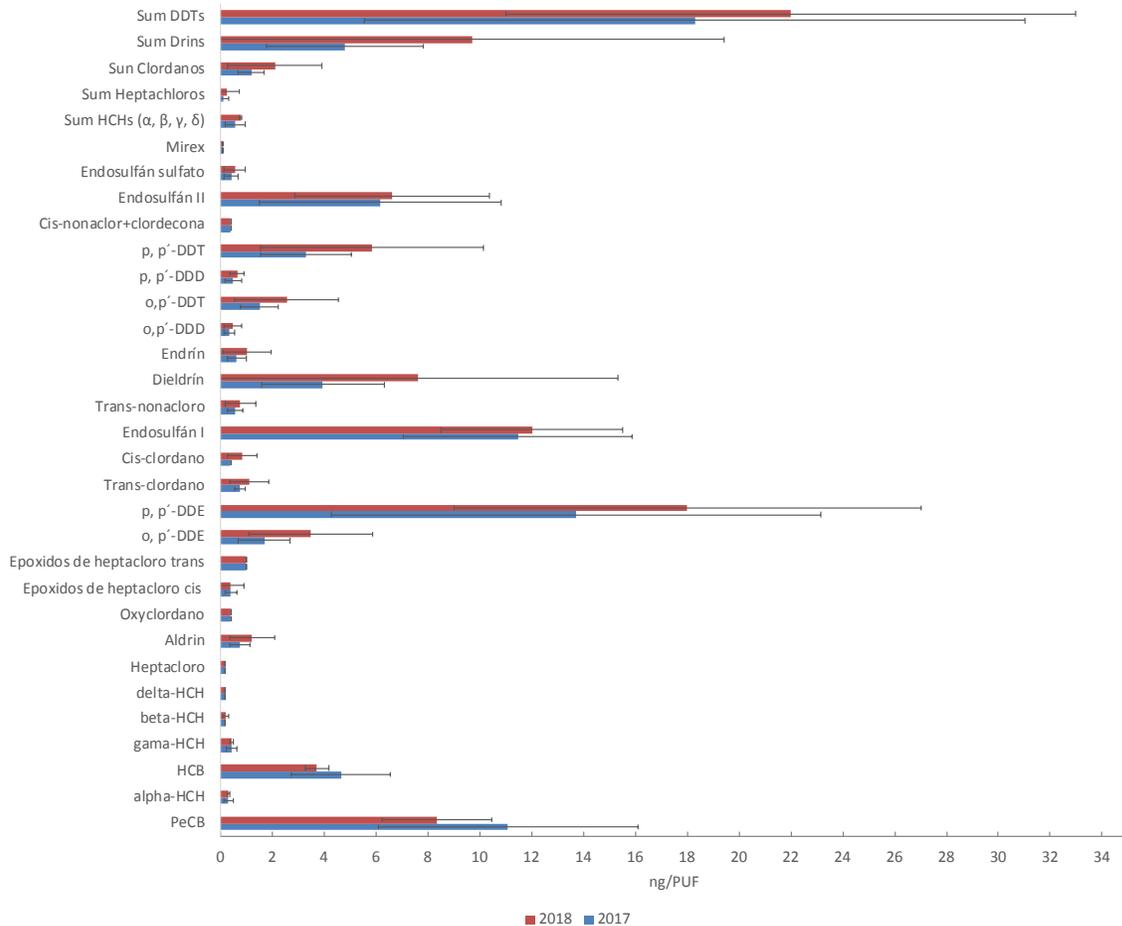


Figura 2. Resultados de COPs básicos en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.

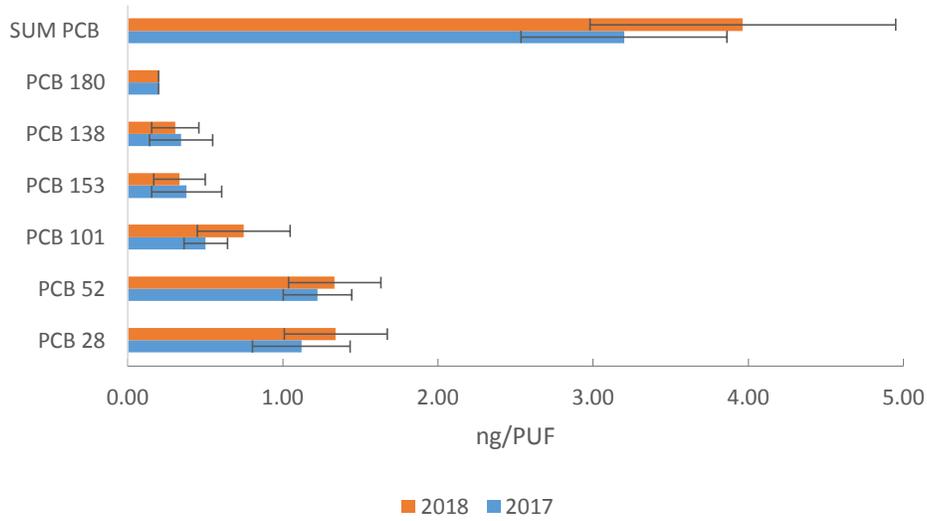


Figura 3. Resultados de PCBs indicadores en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.

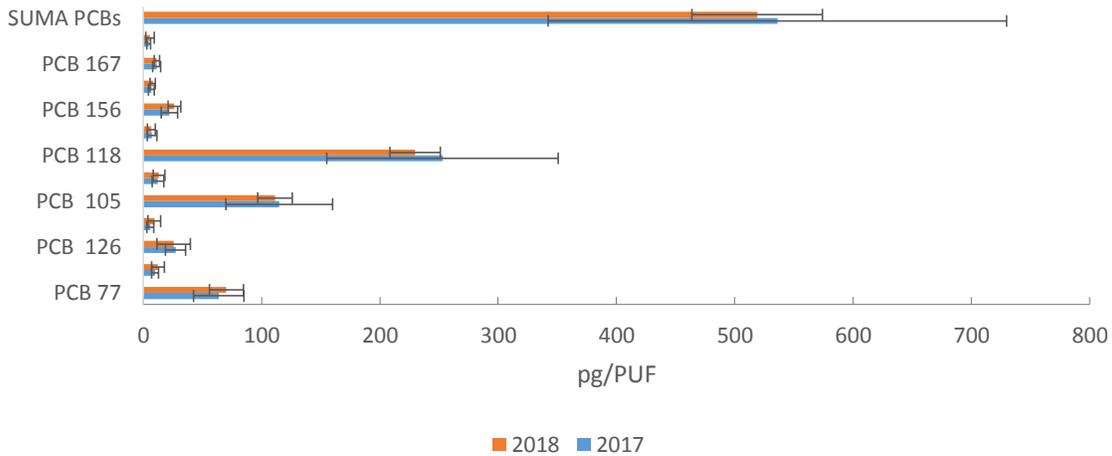


Figura 4. Resultados de PCBs similares a dioxinas en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.

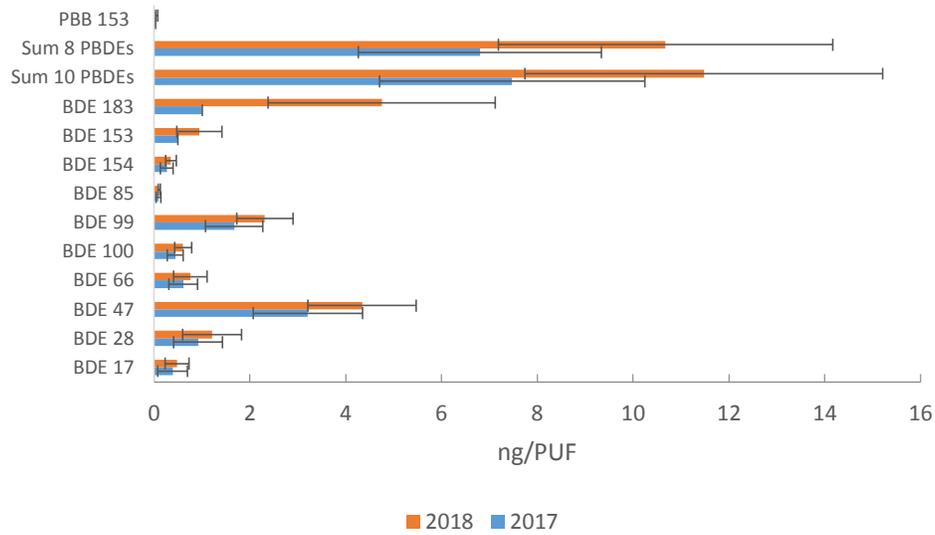


Figura 5. Resultados de PBDEs y polibromobifenil (PBB 153) en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.

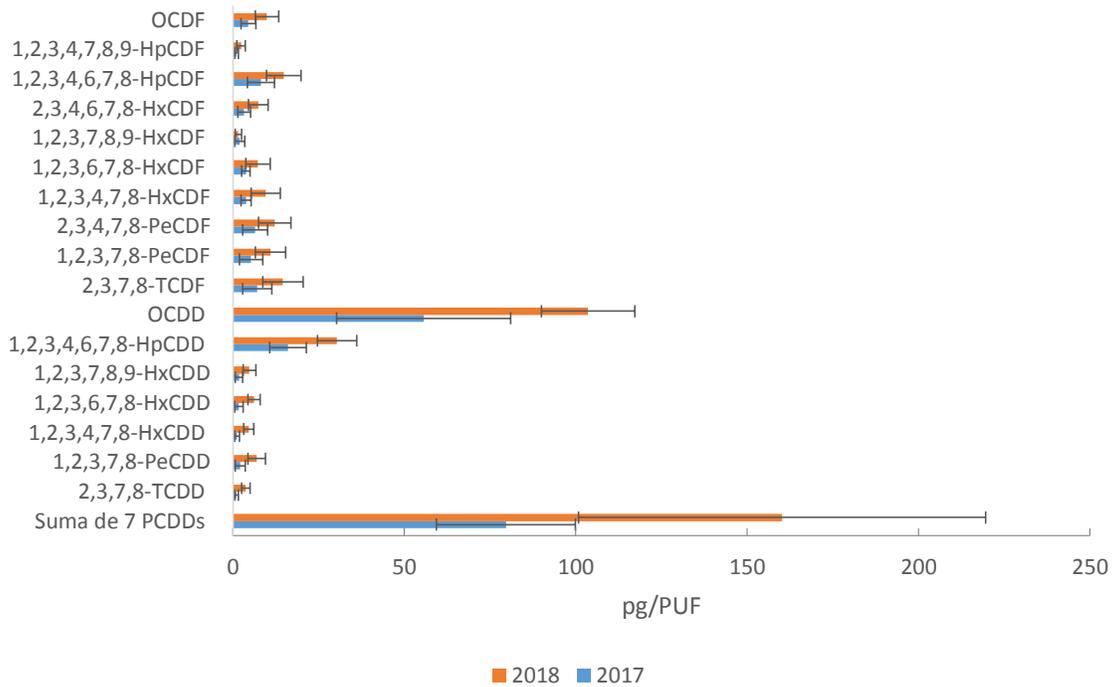


Figura 6. Resultados de PCDD/PCDFs en muestras de aire en las 8 campañas llevadas a cabo entre 2017 y 2018.

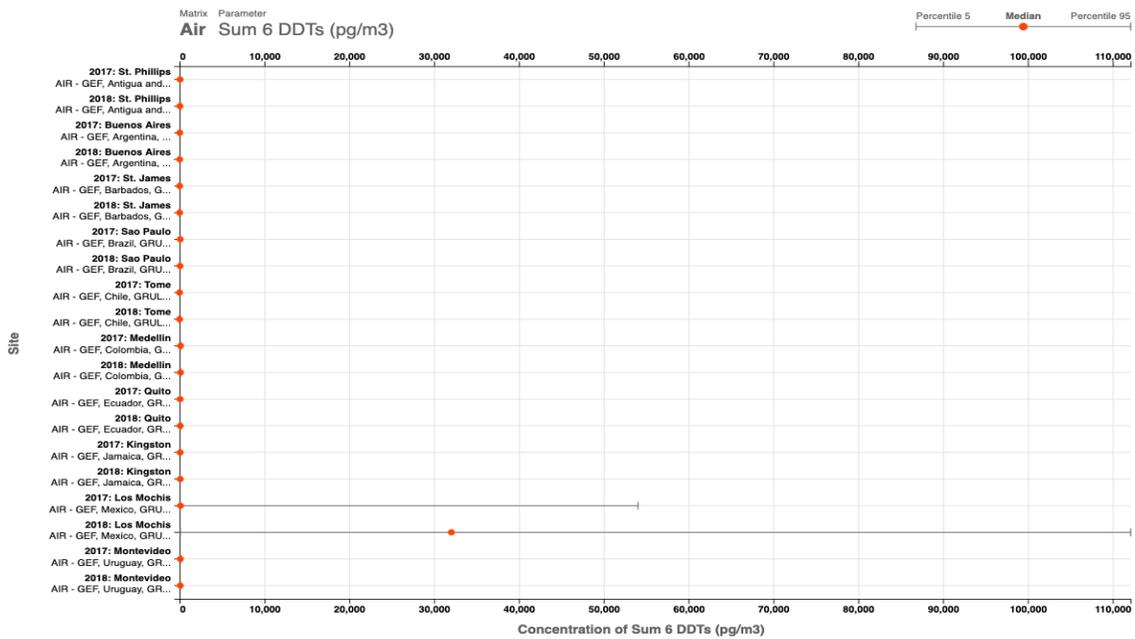


Figura 7. Resumen estadístico de la concentración de DDTs en el aire del monitoreo de la región GRULAC 2017 y 2018. Fuente: GMP:DWL.

4.1.6 Análisis comparativo

Los informes del PVM son una base de información sobre los niveles de COPs en los seres humanos y el medio ambiente. Los datos disponibles para cada región varían mucho, al igual que entre países de una misma región, algunas regiones tienen datos históricos considerables que permiten la generación de análisis de tendencias. En el marco de la evaluación de la eficacia del Convenio en el marco nacional cada campaña ha abonado en la generación de información para que países como México cuenten con mayor capacidad de análisis de sus resultados de manera cronológica (Sección 4.4).

En la mayoría de los casos para los países en general se encuentra información a partir de la fecha de entrada en vigor del Convenio, sin embargo, los sitios de monitorio en México pueden ser distintos según la gestión y el programa de monitoreo al que pertenecen. Actualmente, para la matriz de aire es posible hacer únicamente comparaciones a manera de seguimiento, ya que no se cuenta con datos de monitoreo por más de dos años consecutivos en un mismo sitio de muestreo. Por lo anterior, para la generación de los análisis de tendencias aún hace falta información. A este respecto, de acuerdo con los resultados

descritos en la sección (Sección 4.1.5), el grupo de compuestos que presentó mayores diferencias en la concentración, de acuerdo a la información de la última campaña, fue la suma de DDTs. En la Figura 8 se muestra la comparación de la concentración de la suma de 6 DDTs de muestras de aire en México entre los años 2017 y 2018. Cabe señalar que las concentraciones encontradas fueron significativamente mayores en comparación con el resto de los países de la región GRULAC, lo que pone en consideración la evaluación a profundidad de estas sustancias y su principales metabolitos en la zona evaluada, ya que los DDTs en la reglamentación nacional se encuentran bajo uso restringido en coherencia con el Anexo B del Convenio.

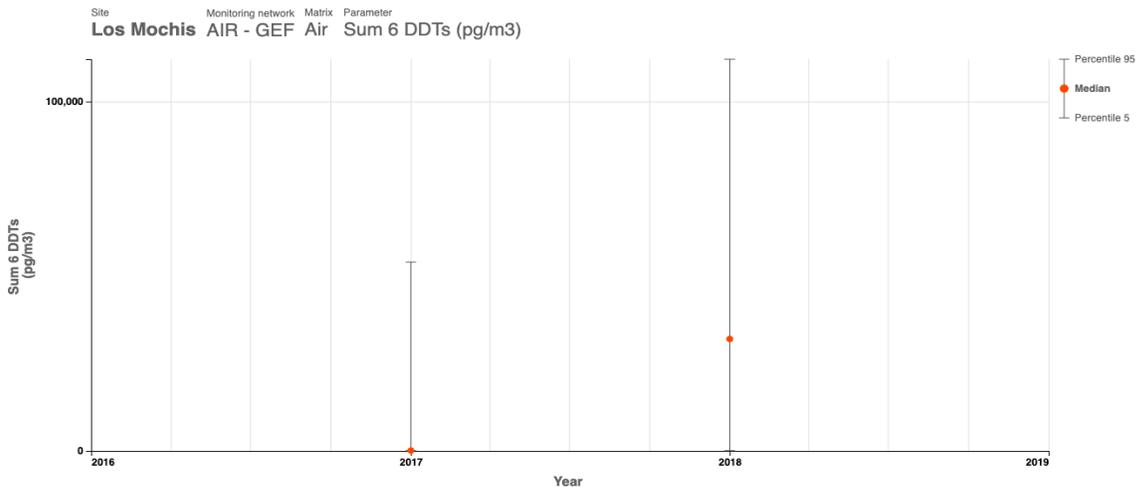


Figura 8. Comparación de la concentración de la suma de 6 DDTs de muestras de aire en México. Fuente: GMP-DWH.

4.2 Muestreo en agua

4.2.1 Coordinación

En el marco del PVM, el agua ha sido identificada como una matriz básica para el monitoreo de COPs fluorados, de acuerdo con la evidencia de que el agua es el principal medio de transporte de estas sustancias químicas en el ambiente. Los PFOS se caracterizan por una solubilidad relativamente alta en agua, a pesar de poseer una cola hidrofóbica. Además, dadas las dificultades para determinar los PFOS en el aire, el agua representa una mejor matriz ambiental para monitoreo de los PFOS. Se ha mencionado que el agua de los océanos puede ser un depósito de sustancias perfluoradas como los PFOS y PFOA (Lohmann et al. 2013). Por otro lado, el ácido perfluorohexano sulfónico (PFHxS) es considerado también un parámetro adecuado para la vigilancia en el agua. Para los análisis de agua se propuso determinar los niveles de PFOS, PFOA y de algunos otros compuestos (PFHxS).

En ese sentido el análisis de agua de México se propuso determinar también los niveles de PFOS, PFOA y de algunos otros compuestos (PFHxS).

4.2.2 Metodología

Las muestras de agua de los distintos países participantes se analizaron utilizando los procedimientos para la detección de COPs de acuerdo con los protocolos:

- Protocolo 1: Análisis del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en agua y perfluorooctano sulfonamida (FOSA) en leche materna, suero humano y aire, y análisis de algunas sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAS) y etanoles de perfluorooctano sulfonamido (FOSES) en el aire (PNUMA, 2015a).
- Protocolo 2: Análisis de bifenilos policlorados (PCB) y plaguicidas organoclorados (OCP) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA, 2014).
- Protocolo 3: Análisis de éteres de difenilo polibromados (PBDE) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA, 2013).
- Protocolo 5: Protocolo para el análisis de dibenzo-para-dioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF) y bifenilos policlorados tipo dioxina (dl-PCB) en aire ambiental y tejidos humanos (PNUMA, 2015b).

4.2.3 Muestreo

Sitio de muestreo

El sitio seleccionado para la toma de muestra de agua se encuentra ubicado en las coordenadas Latitud: 25°65'69.17"N, Longitud: 109° 03'55.56"O (Figura 9), punto que fue seleccionado de acuerdo con los criterios establecidos en el protocolo. Para recolectar la mayoría de las muestras, se optó por el muestreo directo, sumergiendo el recipiente en el cuerpo de agua, el cual se recomienda en el documento GMP Guidance for water monitoring; mientras que las muestras de agua para el análisis de PFOS se colectaron desde el borde del cuerpo de agua. Las tomas de muestras se realizaron los mismos días que las muestras de aire.

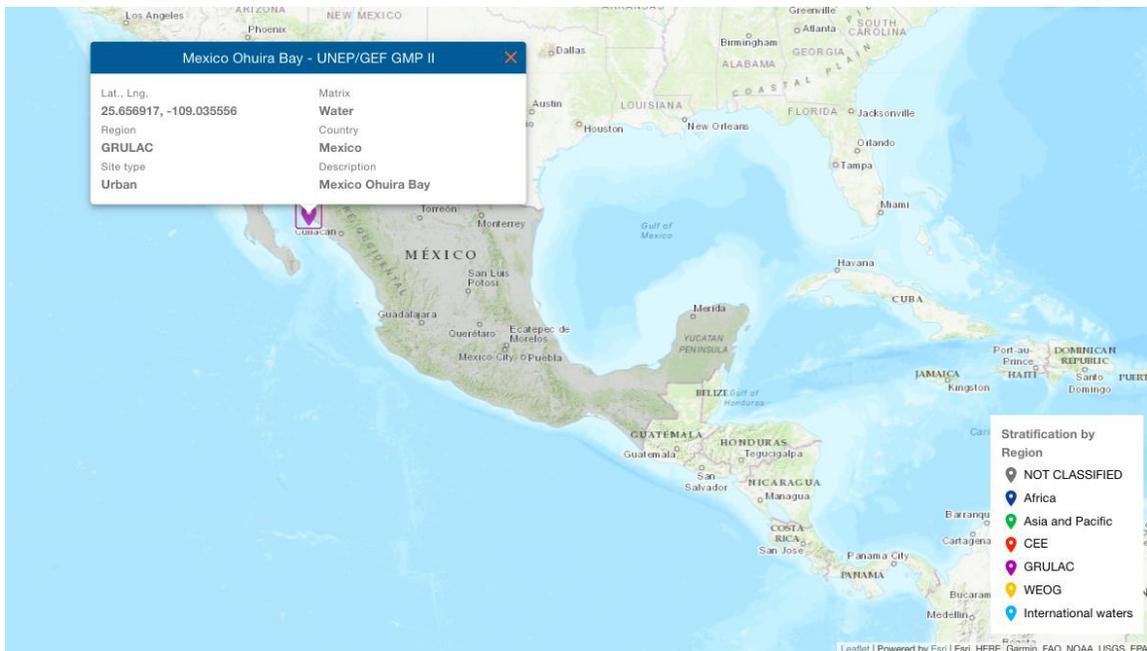


Figura 9. Localización geográfica del sitio de monitoreo de agua en México de la campaña 2017-2018. Fuente: GMP-DWH

La primera toma de muestras de la matriz agua se realizó el día 31 de marzo del año 2017 corresponde a las muestras MEX-A (2017-1), la cual se envió a los laboratorios del MTM, y a la muestra MEX-B (2017-1), se conservó en el laboratorio de la UAdeO.

La segunda colecta se realizó el día 30 de junio de 2017, con la cual se obtuvieron las muestras MEX-A (2017-2) y MEX-B (2017-2).

La tercera toma ocurrió el día 30 de septiembre de 2017, correspondiente a las muestras MEX-A (2017-3) y MEX-B (2017-3).

La primera colecta del año 2018 se llevó a cabo el día 31 de marzo, y correspondió a las muestras MEX-A (2018-1), enviada a MTM para ser analizada el 25 de abril del mismo año y, MEX-B (2018-1), la cual quedó bajo resguardo en el laboratorio a 8°C.

La colecta de la segunda muestra de agua de ese mismo año se tomó el 30 de junio y se obtuvieron las muestras MEX-A (2018-2), enviada a MTM el 19 de julio del mismo año, para ser analizada, mientras que MEX-B (2018-2), se quedó bajo resguardo en refrigeración.

La tercera colecta se llevó a cabo hasta el día 29 de octubre de 2018, ya que se presentó un fenómeno meteorológico que dificultó el acceso al sitio de muestreo por casi un mes. La muestra de agua obtenida, MEX-A (2018-3) fue enviada a MTM el 13 noviembre del mismo año y MEX-B (2018-3) se guardó en refrigeración.

La última colecta ocurrió el día 31 de diciembre de 2018, en la cual se obtuvieron las muestras MEX-A (2018-4) y MEX-B (2018-4). Al igual que las anteriores, la primera se envió a MTM y la segunda fue conservada en el laboratorio de origen.

4.2.4 Análisis

Las muestras de agua fueron enviadas al laboratorio “Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg” (Instituto Provincial de Análisis Químico y Veterinaria de Alimentos), en Freiburg, Alemania, ya que fue designado como el laboratorio de referencia por parte de la OMS para analizar las muestras de agua de los distintos países participantes.

Los procedimientos analíticos para la detección de COPs fueron realizados de acuerdo con lo establecido en los protocolos de la ONU:

- Protocolo 1: Análisis del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en agua y perfluorooctano sulfonamida (FOSA) en leche materna, suero humano y aire, y análisis de algunas sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAS) y etanoles de perfluorooctano sulfonamido (FOSES) en el aire (PNUMA, 2015a).
- Protocolo 4: Análisis de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) en el agua para el Plan de Vigilancia Mundial del Convenio de Estocolmo (PNUMA, 2015c).

4.2.5 Resultados

Los resultados del monitoreo de contaminantes en agua determinados para PFHxS, PFOA y PFOS entre las campañas 2017 y 2018 se presentan a continuación. En comparación a los datos de 2017, los datos de las muestras de 2018 demostraron un ligera disminución en los valores promedios para PFOA y PFOS, mientras los PFHxS se mantienen en concentraciones similares (Figura 10).

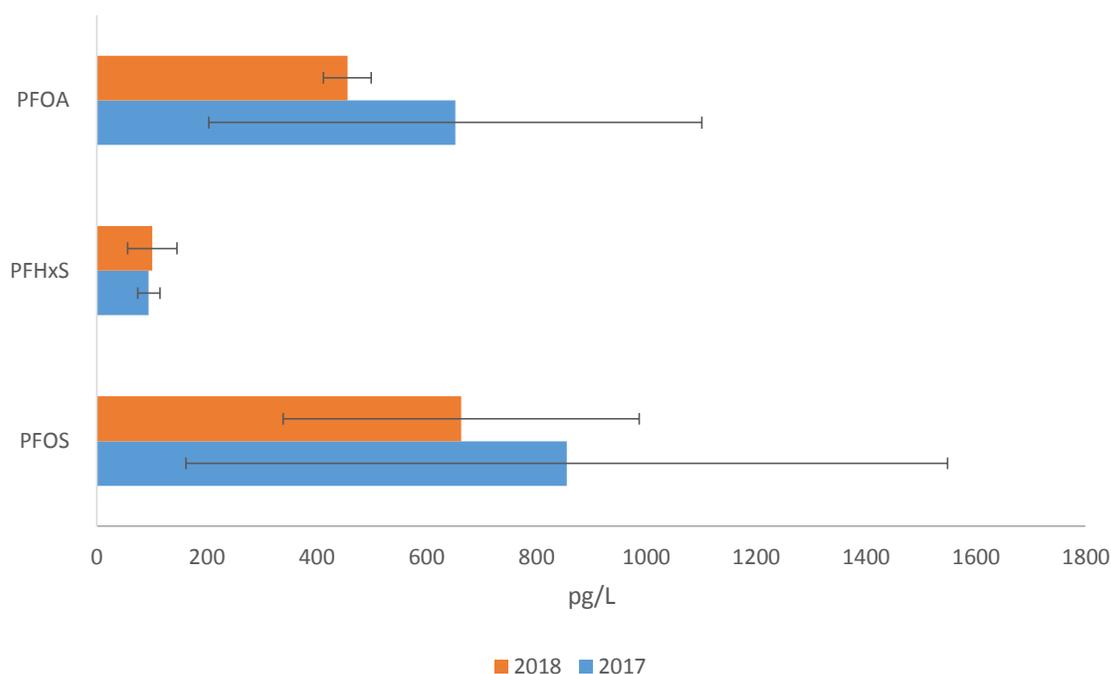


Figura 10. Concentración de PFHxS, PFOA y PFOS en agua de México 2017-2018.

Dadas las limitaciones en la cantidad de campañas de monitoreo realizadas para determinar COPs en agua de las muestras nacionales, únicamente se presentan comparaciones de los niveles entre 2017 y 2018. Por otro lado, en comparación con los resultados de otros países de la región GRULAC que realizaron monitoreo bajo el mismo esquema, encontramos que las concentraciones de todos los parámetros evaluados en la matriz agua (PFHxS, PFOA y PFOS), se encuentran por debajo de los reportados por Jamaica y Argentina (Figura 11 a b y c) de acuerdo con los datos del data warehouse (DWH).

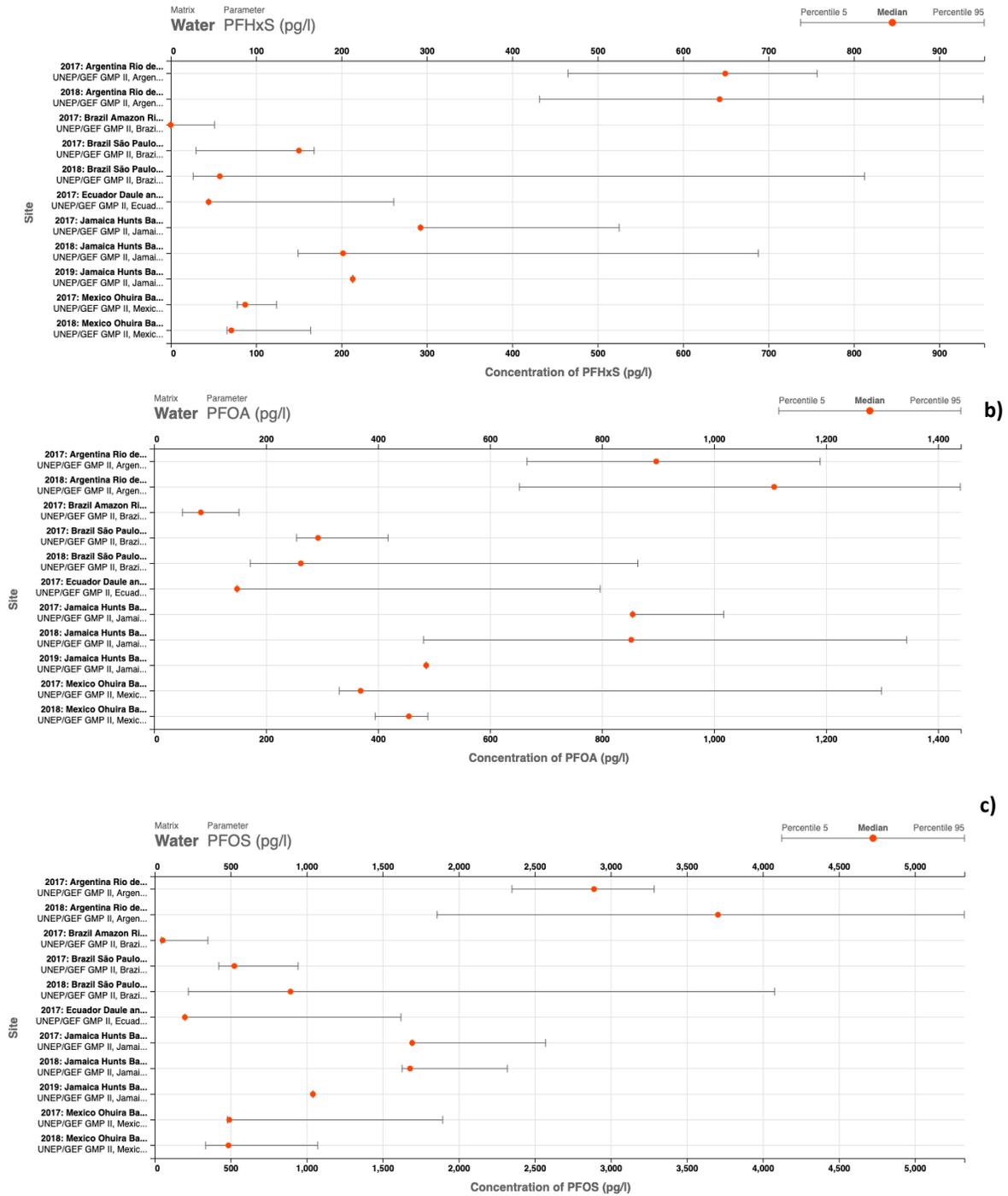
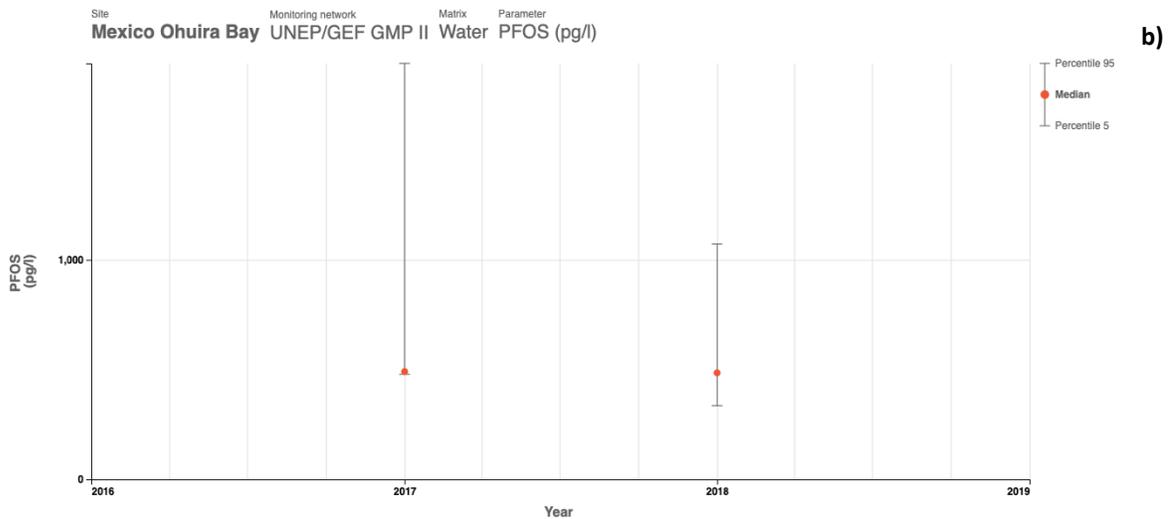
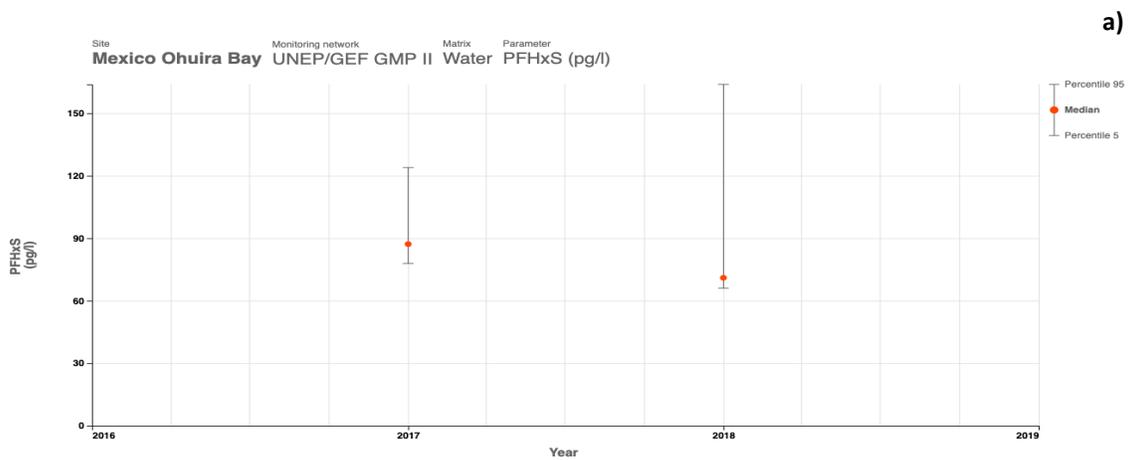


Figura 11. Resumen estadístico de la concentración de PFHxS (a), PFOA (b) y PFOS (c) en agua de la región GRULAC 2017-2018.

4.2.6 Análisis comparativo

En relación a que la cantidad de datos generados para la matriz agua son aun limitados, resultan insuficientes los años de evaluación para permitir hacer análisis de tendencias. No obstante, presentamos una comparación visual de los niveles encontrados para los tres parámetros analizados en agua (PFHxS, PFOA y PFOS) entre las campañas 2017 y 2018. Como se aprecia en la Figura 12, tanto para PFOA como PFOS los niveles se mantienen similares para ambas campañas, estando en ambos casos cercanos a los límites recomendados, por lo que es deseable continuar con los monitoreos para generar mayores datos de análisis.



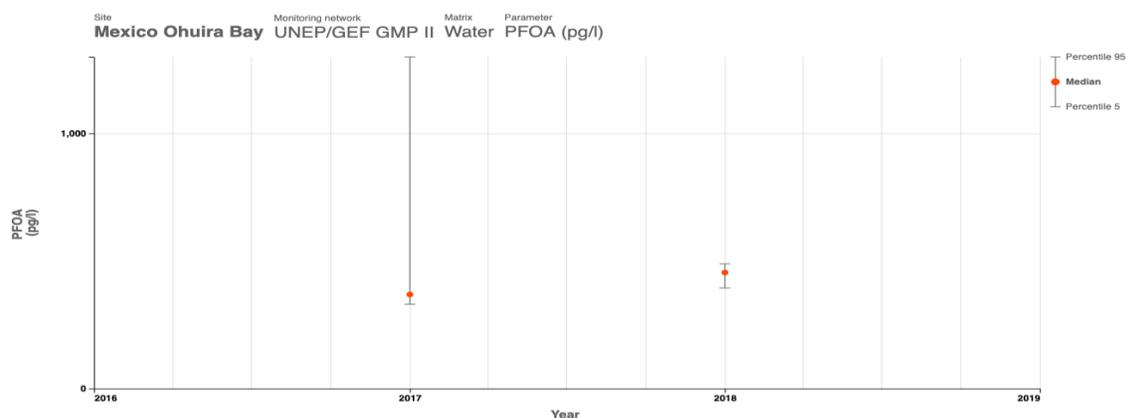


Figura 12. Comparación de la concentración de PFHxS (a), PFOA (b) y PFOS (c) de muestras de México 2017-2018.

4.3 Muestreo en leche materna

4.3.1 Coordinación

La leche se ha utilizado como marcador de la exposición de los seres humanos a una serie de COPs desde hace varias décadas y son medios fundamentales para la biovigilancia en el marco del Convenio de Estocolmo. Estos medios de muestreo muestran datos temporales comparables en una población concreta porque integran exposición ambiental, así como la exposición dietética relacionada con los diferentes hábitos de consumo. Además proporcionan información relevante sobre la transferencia de los COPs a los bebés y los posibles efectos sobre la salud. Para ello, sólo las concentraciones de COPs en la leche humana de las madres primerizas se consideran comparables en el marco del PCM

La OMS ha puesto en marcha programas de vigilancia de la leche humana. Los primeros estudios de la OMS realizados principalmente en Europa y América del Norte en 1987-1989 y 1992-1993 se centraron exclusivamente en PCB, PCDD y PCDF. En 2001-2003, se llevó a cabo un estudio más amplio que abarcaba los doce COPs (PNUMA/POPS/COPS.10/INF/42) inicialmente incluidos en el Convenio de Estocolmo. Tras la ratificación del Convenio de Estocolmo, la OMS y el PNUMA iniciaron su colaboración, y se completaron tres en 2004-2007, 2008-2011 y 2012-2015. Estos estudios ampliaron significativamente el alcance geográfico proporcionando resultados representativos para todas las regiones del mundo. Un estudio de seguimiento comenzó en 2016. Este último estudio es el que actualmente abarca los 30 COPs incluidos en el Convenio de Estocolmo.

En el caso de México, para dar inicio al muestreo de leche materna, el Proyecto tuvo que ser revisado por el Comité de Bioética de la UAdO. Una vez aprobado,

se capacitó a personal del Laboratorio de Genotoxicología de la misma Universidad para la aplicación de encuestas a las madres participantes en el Proyecto. Se logró el apoyo de hospitales locales para la recolección de leche, y también se incluyeron otras madres interesadas en el proyecto que eran residentes de la zona de estudio.

4.3.2 Metodología

En el marco de la OMS, se ha elaborado un protocolo para la metodología de muestreo y preparación de muestras para estudios de exposición a contaminantes orgánicos persistentes. Este protocolo constituye la base del componente de la leche humana del GMP (PNUMA, 2017a).

Los principales objetivos de estos estudios son:

- 1) Producir datos fiables y comparables sobre las concentraciones de contaminantes orgánicos persistentes en la leche humana para seguir mejorando la evaluación del riesgo para la salud de los lactantes
- 2) Proporcionar una visión general de los niveles de exposición en varios países y zonas geográficas y permitir sacar conclusiones sobre las prioridades de seguimiento en un país/región,
- 3) Determinar las tendencias de los niveles de exposición.

Con el fin de promover la fiabilidad y la comparabilidad de los resultados, las muestras son recogidas por los países participantes siguiendo un protocolo integral armonizado desarrollado por la OMS (OMS, 2007) y modificado por el PNUMA (PNUMA 2017a). Para todos los estudios, se aplicaron estrictamente los siguientes criterios de selección de las madres donantes:

- Madres primerizas
- Deben estar sanas
- Deben estar amamantando exclusivamente a un hijo

Para obtener datos estadísticamente fiables, se recluta un número adecuado de donantes individuales para proporcionar muestras. Los protocolos recomiendan un mínimo de 50 muestras individuales para cada país. Se mezclan alícuotas iguales de estas muestras individuales para formar una muestra compuesta representativa ("muestra conjunta").

4.3.3 Muestreo

Para la ubicación de las madres donantes de leche se eligió la zona de Los Mochis, Sinaloa cuyas coordenadas corresponden a 25°65'69.17"N, Longitud: 109° 03'55.56"O (Figura 13),



Figura 13. Localidad de monitoreo de COPs en leche materna en México durante las campañas de 2017-2018. Fuente: GMP-DWH

Una vez detectada la madre donante, se procedió a explicarle el Proyecto, se le leyó el consentimiento informado y, en caso de estar de acuerdo, se procedió a solicitar su autorización firmando en la parte correspondiente. Posteriormente, se le asignó un código de identificación único y se le aplicó una encuesta sobre información personal, hábitos alimenticios y demás cuidados prenatales, la cual se anexa al final de este documento. El trabajo de recolección de la información y la toma de muestras se realizó en el periodo del 28 al 31 de octubre de 2017. El número total de madres participantes en este estudio fue de 48, todas cumplieron los criterios de inclusión solicitados: ser madre primeriza, estar dentro del rango de edad (máx. 30 años), madre e hijo aparentemente saludables, la madre debe estar amamantando solamente a un hijo (no gemelos), haber vivido en la misma zona de 10 años a la fecha de muestreo, madres que estén exclusivamente o principalmente amamantando, no vivir cerca de incineradores, fábricas de papel, metal y/o productos químicos y estar entre la tercera y la octava semana después del parto (PNUMA, 2010).

Finalmente, se les entregó un frasco previamente tratado para garantizar la esterilización de este y se les explicó cómo hacer la extracción de leche materna ellas mismas, enfatizando en la cantidad mínima requerida de 50 ml y los cuidados de higiene previos a la toma de muestra. Se les dejó el frasco un máximo de 24 horas para realizar la extracción, con la indicación de colocar la muestra obtenida en la heladera, buscando la conservación a los 4°C. Las muestras fueron recogidas según el llamado de las participantes, y cada frasco con leche materna fue transportado en una hielera con refrigerantes, procurando que la temperatura estuviera entre los 4 y 8°C. Al llegar al laboratorio, las muestras recolectadas fueron almacenadas en el refrigerador en un lapso no mayor a 72 horas, y se procedió a formar la muestra combinada o “pool sample”.

Diseño de las muestras compuestas

Las muestras individuales fueron homogenizadas agregando calor hasta alcanzar los 38°C, estabilizadas con pastillas de dicromato de potasio y agitándolas durante 10 minutos. Posteriormente, se tomaron 10 ml de cada una de las muestras individuales y se depositaron en un recipiente de vidrio de 1 L previamente tratado para asegurar la integridad de las muestras. Finalmente, se obtuvieron 480 ml de los cuales se apartaron 50 ml para analizar COPs simples en el laboratorio nacional y el resto fue enviado al laboratorio de referencia de la OMS, en el cual se analizaron COPs analíticamente simples y complejos.

Se tomaron otros 15 ml de leche materna de cada frasco individual para preparar una segunda muestra combinada, la cual fue enviada al Banco Mundial de Leche Materna de la OMS.

Los 25 ml restantes de las muestras individuales se conservaron en el mismo frasco y se enviaron al laboratorio nacional para analizar COPs simples de manera individual. Todas las muestras fueron conservadas en un ultra-congelador a -20°C antes de ser enviadas a los laboratorios destino y se enviaron en hieleras con refrigerantes a una temperatura entre los 4 y 8°C.

4.3.4 Análisis

Las muestras de leche materna compuestas del monitoreo nacional fueron analizadas en el laboratorio “Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt Freiburg” (Instituto Provincial de Análisis Químico y Veterinaria de Alimentos), en Freiburg, Alemania, ya que fue designado como el laboratorio de referencia por parte de la OMS.

El Instituto Estatal de Análisis Químicos y Veterinarios de los Alimentos (Alemania) ha cumplido todos los criterios para los análisis de los COPS lipofílicos en la leche humana y fue seleccionado como laboratorio de referencia para los estudios de exposición de la OM). También es el laboratorio de referencia de la UE para los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) halogenados en piensos y alimentos (REGLAMENTO (UE) 2018/192 DE LA COMISIÓN). Los contaminantes orgánicos persistentes proteínófilos (por ejemplo, los PFOS) se analizan en el laboratorio MTM de la Universidad de Orebro (Suecia).

Los procedimientos analíticos para los COPs complejos fueron realizados de acuerdo con lo establecido en los protocolos de la ONU:

- Protocolo 1: Análisis del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en agua y perfluorooctano sulfonamida (FOSA) en leche materna, suero humano y aire, y análisis de algunas sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAS) y

etanolos de perfluorooctano sulfonamido (FOSES) en el aire (PNUMAa, 2015).

- Protocolo 2: Análisis de bifenilos policlorados (PCB) y plaguicidas organoclorados (OCP) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA, 2014).
- Protocolo 3: Análisis de éteres de difenilo polibromados (PBDE) en leche humana, aire y suero humano (PNUMA, 2013).

4.3.5 Resultados

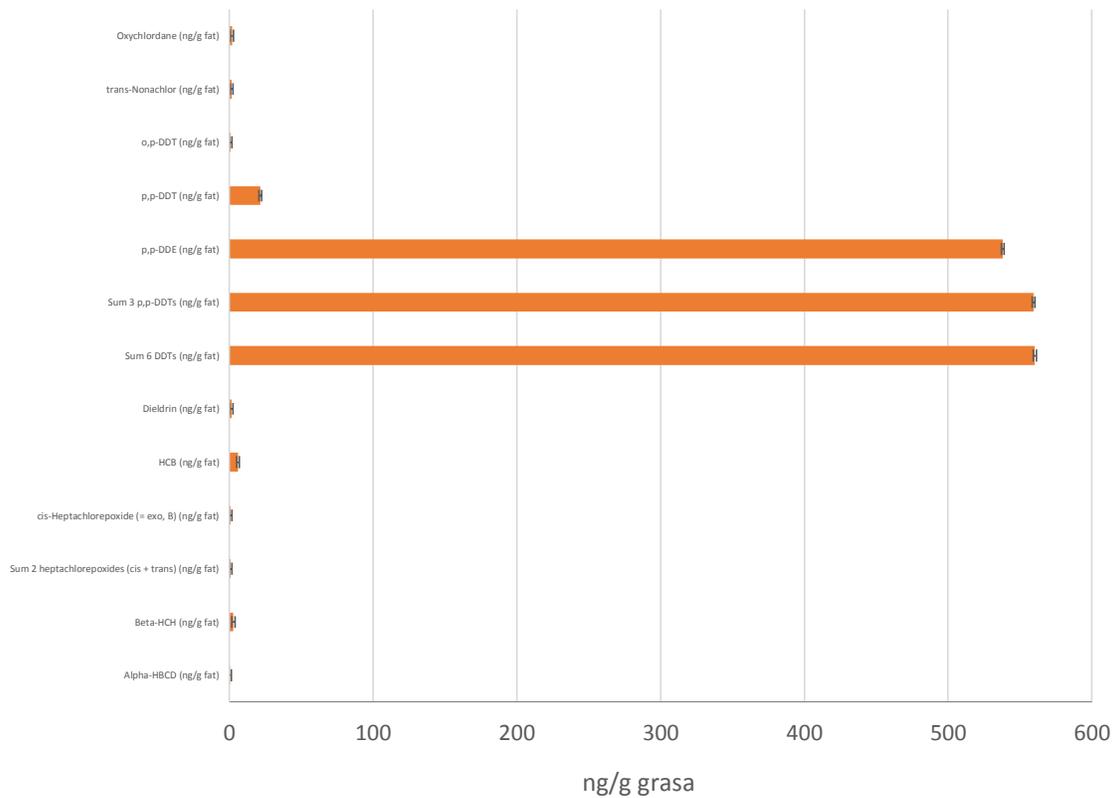


Figura 14. Resultados de COPs en muestras de leche materna de México campaña 2017.

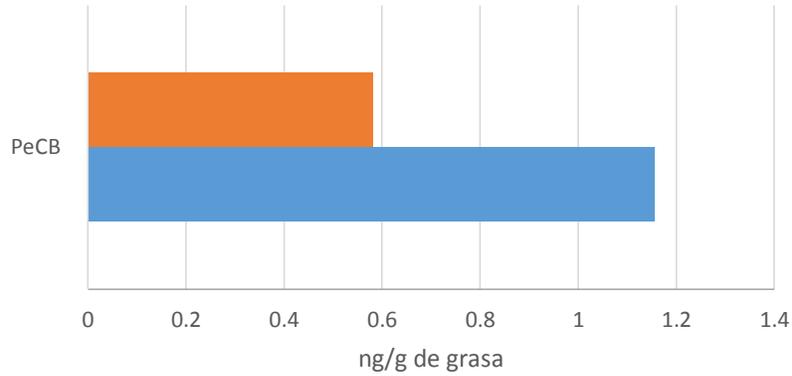


Figura 15. Resultados de PeCB en muestras de leche materna de México campaña 2011 (●) y 2017 (●).

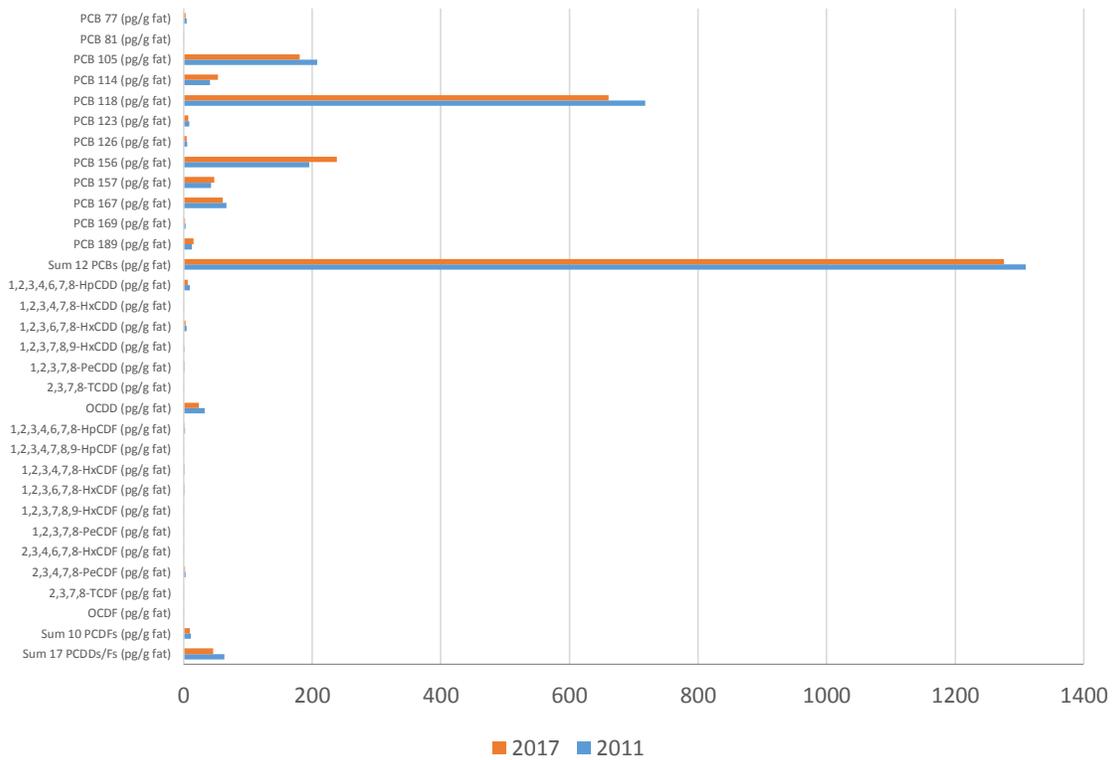


Figura 16. Resultados de PCBs PCDFs y PCDDs en muestras de leche materna de México campañas 2011 (●) y 2017 (●).

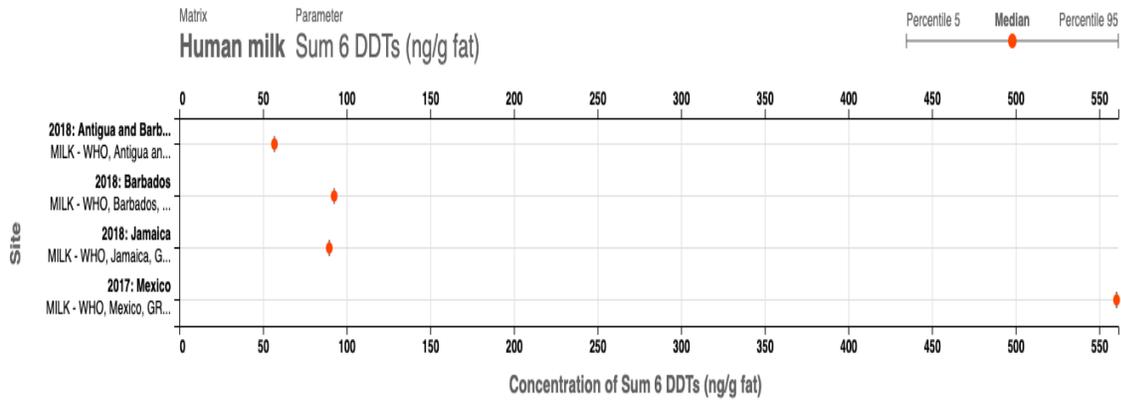


Figura 17. Resumen estadístico de la concentración de 6 DDTs en leche materna del monitoreo de la región GRULAC 2017-2018. Fuente: GMP-DWH.

4.3.6 Análisis comparativo

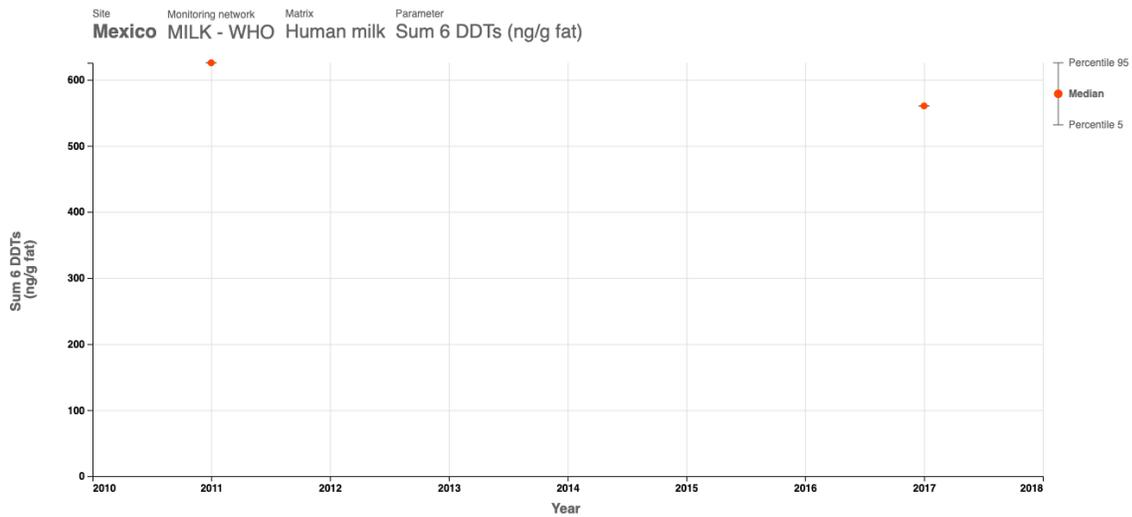


Figura 18. Comparación de la concentración de DDTs en leche materna 2011 y 2017. Fuente: GMP-DWH

4.4 Resumen del monitoreo nacional

Los informes de vigilancia anteriores revelaron que la mayor parte de los datos de la atmósfera sobre los COPs eran aportados por un número relativamente pequeño pero creciente de programas de vigilancia y que la continuación de estos programas es esencial. Los informes también revelaron que los datos sobre los niveles de COPs en el aire eran inexistentes en algunas regiones y que debería abordarse mediante esfuerzos de fortalecimiento de la capacidad y el establecimiento de programas sostenibles y coordinados de vigilancia del aire. Tanto en aire como agua y leche materna, México ha avanzado en la generación de datos a través de la implementación de proyectos del PVM.

A continuación se expone el aumento en la participación de México en diversas campañas y sitios de monitoreo de las matrices agua, aire y leche materna hasta el momento.

4.4.1 Datos generados del monitoreo

En la Figura 19. se resumen las redes de monitoreo, los años, la cantidad de parámetros evaluados; así como el número de datos generados por campaña y matriz de monitoreo para México de acuerdo a la información disponible en el DWH.

Monitoring network ↑ 1	Matrix	First year	Last year	Number of parameters	Number of sites	Number of annual agg
AIR - GEF	Air	2010	2018	99	2	265
GAPS	Air	2005	2016	92	4	393
MILK - WHO	Human milk	2011	2017	110	1	205
UNEP/GEF GMP II	Water	2017	2018	3	1	6

Figura 19. Redes de monitoreo en las que ha participado México y su aportación en la evaluación de parámetros por matrices analizadas. GMP-DWH

Entre las diferentes campañas y redes de monitoreo en las que México ha participado, la matriz aire es la que cuenta con la mayor cantidad de datos

reportados en el DWH a la fecha. Destaca la red AIR-GEF, con la mayor cantidad de parámetros evaluados tanto en los Mochis, Sinaloa como en Montes Azules, Chiapas (Figura 20).

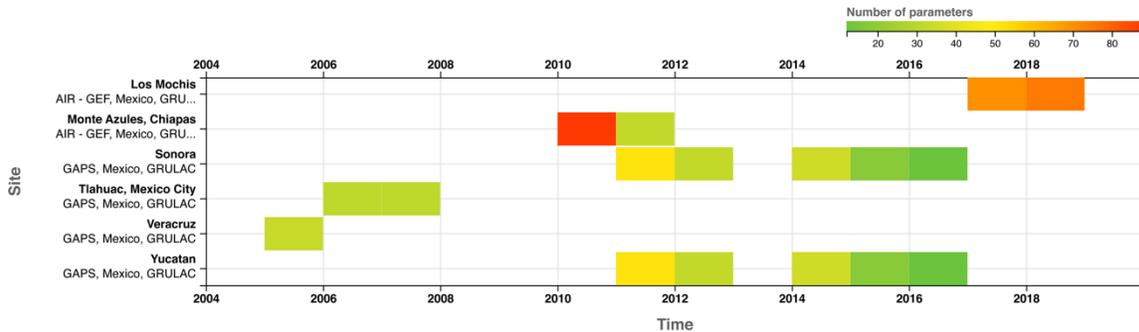


Figura 20. Cantidad de datos de todos los parámetros de COPs en el aire por año.

Como se ha mencionado en la sección de resultados, para la mayoría de las redes de monitoreo de las diferentes matrices en las que México ha tenido participación, el número de años consecutivos de participación para un mismo sitio son llevados a cabo en su mayoría durante un periodo de dos años (Figura 21). En este sentido, es importante dar continuidad al monitoreo de los sitios para la generación de datos que permitan el análisis de tendencias para los parámetros COPs evaluados en todas las matrices.

Lo anterior se aprecia con mayor claridad en la Figura 22 donde, de acuerdo con el DWH, el gráfico de tendencias muestra que para la mayoría de parámetros a analizar los datos disponibles son aún insuficientes para estimar tendencias nacionales en las matrices aire, agua y leche materna; mientras que de la matriz sangre no se cuenta con registro de monitoreo alguno.

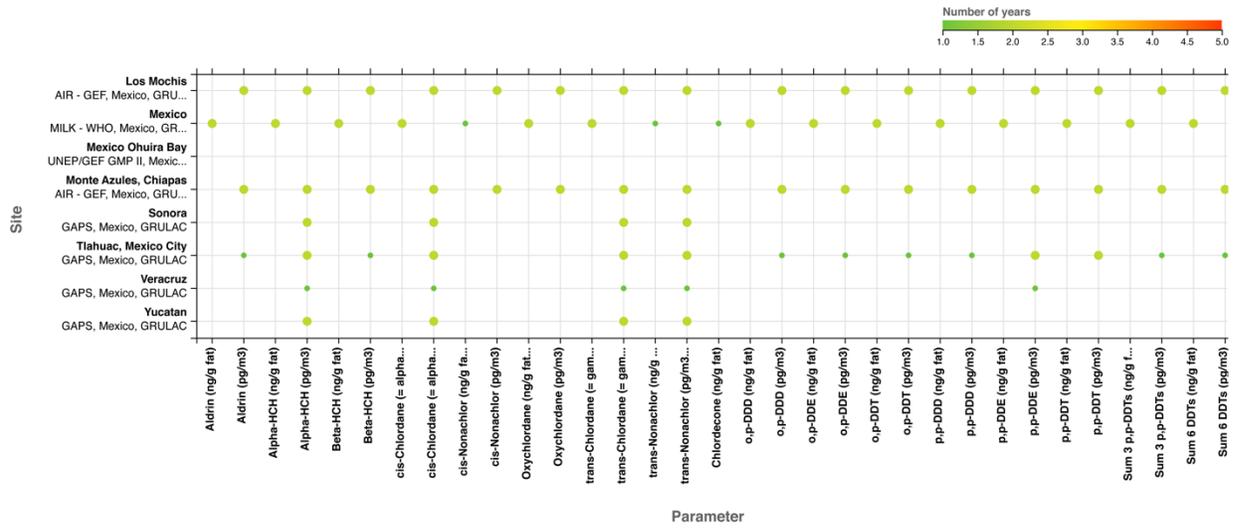
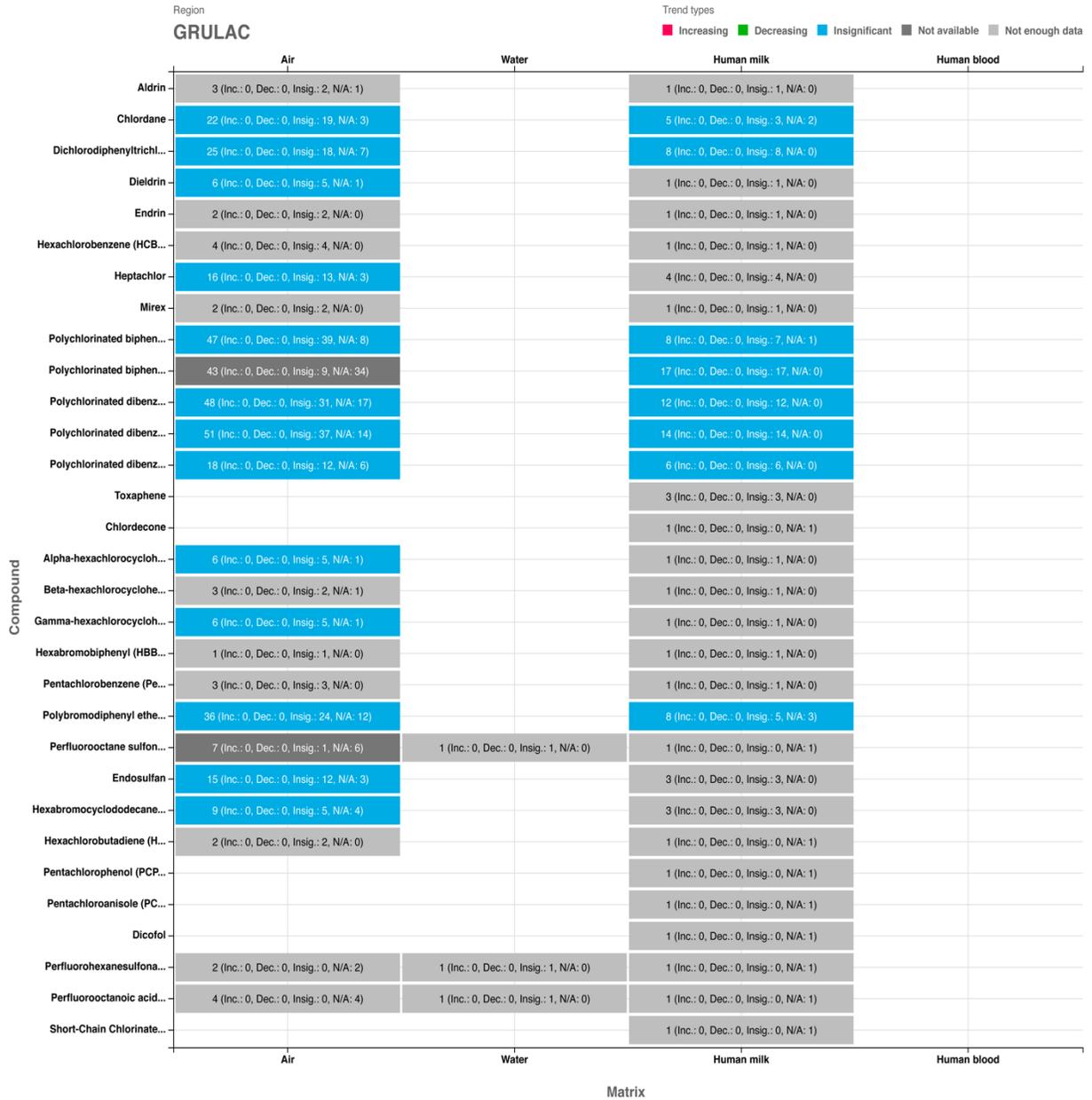


Figura 21. Total de parámetros evaluados de todas las matrices en sitios de monitoreo nacionales.

APOYO EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MONITOREO GLOBAL (GMP2) DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES, COPS, EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE”



Tipos de tendencia: Inc = Creciente, Dec = Decreciente, Insig = Insignificante, N/A = No disponible, No hay suficientes datos.

Figura 22. Resultados nacionales y resumen de disponibilidad de datos del monitoreo de COPs en aire, agua y leche materna.

Finalmente, pese a que no fue posible hacer análisis de tendencias nacionales, se identificó la presencia de DDTs en una concentración muy elevada en comparación con el resto de países que realizan monitoreo de estas sustancias, no solo dentro de los países de la región GRULAC, sino también en comparación al resto de regiones (Figura 23). En otras regiones, por ejemplo en el monitoreo de DDTs de Sturgeon Point, de Estados Unidos de América (EUA), los datos han permitido evaluar una tendencia a la disminución de DDTs. Al comparar las concentraciones de DDTs del sitio de EUA, con los resultados del sitio Los Mochis, Sinaloa, México, se observan concentraciones muy altas, incluso mayores a las reportadas en el sitio de EUA desde que comenzó el monitoreo hace 20 años. (Figura 24). Lo anterior en relación a la concentración de DDTs debe considerarse como punto de evaluación para futuros análisis.



Figura 23. Mapa de tendencias de DDTs del monitoreo de COPs en aire. Fuente: GMP-DWH

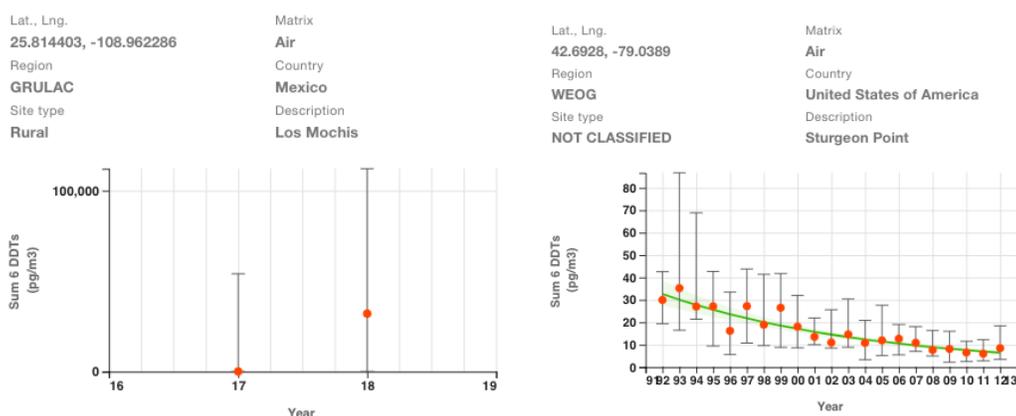


Figura 24. Comparativo y tendencia de DDTs del monitoreo en aire de Los Mochis-México y Sturgeon Point-USA.

4.5 Estudio internacional de intercalibración

4.5.1 Visión general

A partir de diciembre de 2018, el laboratorio nacional que está en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático inició un proceso para la reubicación de los laboratorios a una nueva sede, ubicándose en ubicada en Avenida Progreso, N° 3, Colonia del Carmen, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México. Este proceso ha estado desarrollándose por etapas y será hasta 2022 que quede finalizado.

Por lo anterior, no fue posible para México participar en el proceso de intercalibración, ni en el análisis de muestras nacionales.

El laboratorio del INECC realizó una prueba de intercalibración internacional a través del “Round 50 of ERA's Air & Emissions PT Scheme” en diciembre de 2019, la cual obtuvo resultados satisfactorios para varios plaguicidas entre los que se encuentran varios COPs como aldrina, dieldrina, DDT y sus metabolitos (DDD, DDE), endosulfán, heptacloro, etc. En el laboratorio se cuenta con un reporte y los certificados obtenidos.

4.5.2 Capacidad nacional

El INECC funciona como laboratorio de referencia en materia de análisis y calibración de equipos de medición de contaminantes atmosféricos, residuos peligrosos, y en la detección e identificación de organismos genéticamente modificados.

Laboratorio de Instrumental de Compuestos Orgánicos:

Cuenta con técnicas analíticas para la cuantificación de contaminantes orgánicos, como son la cromatografía de gases con detectores de captura de electrones, ionización de flama y nitrógeno-fósforo (GC-ECD, GC-FID, GC-NPD) y la cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS).

Laboratorio de Espectrometría de Absorción y Emisión Atómica:

Cuenta con espectrómetros de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo acoplado a cromatografía de líquidos (ICP-MS-HPLC), espectrómetro óptico de emisión (ICP-AES) y espectrómetro de absorción atómica de vapor frío (CVAAS), que permiten la identificación y cuantificación de metales y elementos.

Laboratorio de Cromatografía Líquida:

Cuenta con equipos de cromatografía de líquidos, cromatografía de iones y cromatografía de gases con espectrometría de masas triple cuadrupolo (GC-MS-QQQ), los cuales son instrumentos altamente especializados para la cuantificación de aniones, cationes y herbicidas entre otros.

Laboratorio de Caracterización Química de Partículas:

Cuenta con un espectrofotómetro de fluorescencia de rayos X (XRF) que determina los elementos químicos ligeros y pesados y un analizador termo-óptico (TOC) para medir fracciones de carbono orgánico y carbono elemental.

Laboratorio de Acondicionamiento y Pesaje de Filtros:

Cuenta con instrumental para realizar el análisis gravimétrico de partículas suspendidas PM1, PM 2.5 y PM10.

Laboratorio de Compuestos Orgánicos Volátiles:

Cuenta con equipos de cromatografía de gases con detector de conductividad térmica (GC-TCD) y espectrometría de masas (GC-MS) para la cuantificación de contaminantes orgánicos volátiles en muestras colectadas en canisters y cartuchos o directamente de aire ambiente.

Laboratorio de Bioensayos:

Tiene la capacidad de evaluar la toxicidad aguda a través de bioindicadores expuestos a muestras ambientales.

Laboratorio de Residuos:

Cuenta con equipamiento para la caracterización de residuos sólidos urbanos, así como para la medición de las emisiones a la atmósfera de metano y CO en sitios de disposición final, además se tiene equipamiento para determinar el poder calorífico de residuos.

Laboratorio de Organismos Genéticamente Modificados:

Cuenta con el equipamiento para realizar la detección e identificación de organismos genéticamente modificados.

Laboratorio de Calibración y Transferencia de Estándares:

Realiza campañas de caracterización de la calidad del aire en ciudades y sitios seleccionados, así como evaluaciones técnicas de los instrumentos de los sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire del país mediante la operación de unidades móviles. Apoya técnicamente a los sistemas de monitoreo atmosférico del país y capacita a su personal operativo. Opera y mantiene los estándares que permiten establecer la referencia para las mediciones que realizan los sistemas de monitoreo de calidad del aire del país, dando trazabilidad a dichas mediciones e incrementando la confiabilidad de la información generada.

Finalmente, los laboratorios del INECC participan en la generación y actualización de normas asociadas al muestreo y análisis de contaminantes ambientales, sustancias químicas y residuos; calibración de equipos de medición de contaminantes atmosféricos, y la detección e identificación de organismos genéticamente modificados.

5. PARTICIPACIÓN EN OTRAS ACTIVIDADES Y REDES DE SUPERVISIÓN

Actualmente el gobierno de México no participa en otras redes de supervisión o medición de contaminantes orgánicos persistentes. Cabe señalar que existen ejercicios académicos y proyectos de investigación en donde de forma intermitente se han realizado mediciones de COP en algunos sitios de México, tal como el Programa de Canadá de Monitoreo Atmosférico Pasivo Global (GAPS, por sus siglas en inglés).

6. PLAN DE SOSTENIBILIDAD

La sostenibilidad del Laboratorio del INECC está garantizada dado que se encuentra establecida en la Ley General de Cambio Climático y en el Estatuto Orgánico del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, que a la letra dice:

- Art. 22, Fracción II. Asegurar la operación óptima y actualización de la instrumentación analítica de los laboratorios del INECC en materia de residuos, sustancias tóxicas, contaminantes atmosféricos y parámetros meteorológicos, y
- Art. 22, Fracción III. Funcionar como laboratorio de referencia en materia de análisis y calibración de equipo de medición de contaminantes atmosféricos, residuos, suelos, sedimentos, y ecotoxicología.

Por otro lado, el 14 de octubre de 2020, se publicó el “Programa Institucional del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático 2020-2024”, que establece la correcta operación del laboratorio del INECC durante la Administración Federal 2019-2024. Tal como se indica a continuación:

- Estrategia 2.4 Operar los laboratorios de referencia, proporcionando servicios y colaborando con organismos, órdenes de gobierno y academia en el desarrollo de investigaciones que generen conocimiento para la gestión pública de protección de la salud de la población, el ambiente y el clima.
 - Acción puntual 2.4.1. Fortalecer las capacidades de los Laboratorios para el muestreo y análisis de contaminantes ambientales, sustancias químicas y residuos; la calibración de equipos de medición de contaminantes atmosféricos, y la detección e identificación de OGM, mediante el mantenimiento continuo de sus instalaciones.
 - Acción puntual 2.4.2 Proporcionar servicios de análisis de especies de interés ambiental y climático, sustancias químicas, residuos y OGM, para apoyar investigaciones científicas sobre contaminación y salud ambiental y la gestión pública para la protección de la salud, el ambiente y el clima.
 - Acción puntual 2.4.3. Asegurar la confiabilidad de las mediciones y la calidad de los datos que se utilizan para la gestión ambiental local proporcionando servicios de calibración de equipo de medición de contaminantes atmosféricos.
 - Acción puntual 2.4.4. Apoyar la gestión pública para la protección de la salud de la población y el ambiente mediante la documentación de presencia y distribución de especies químicas en el ambiente, así como de la exposición de seres humanos, organismos y ecosistemas a éstas.

- o Acción puntual 2.4.5. Apoyar la gestión pública de protección de la salud, el ambiente y el clima mediante el desarrollo, implementación y difusión de procedimientos operativos estandarizados para medir y evaluar especies químicas de interés ambiental y climático

7. RESULTADOS Y LOGROS

El proyecto del Plan Mundial de Vigilancia de los COPs 2 ha servido como herramienta para sustentar la necesidad de implementar el Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo en México, particularmente sobre el monitoreo de COPs.

El Proyecto GMP2 ha permitido identificar que entre las áreas de oportunidad para México se tiene la presencia de plaguicidas, para lo cual se deben reforzar esfuerzos para la implementación de alternativas y el uso de la agroecología, así como de la vigilancia del uso de plaguicidas prohibidos o restringidos.

Con respecto a la presencia de otros COPs industriales, es importante mantener el monitoreo para vigilar que las concentraciones no se incrementen, particularmente en el caso de retardantes de flama, plastificantes y PCB. Se deben realizar prácticas para el control de la quema no controlada de residuos, particularmente aquellos con contenido de plásticos productos que contengan COPs.

8. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Los resultados del Plan Mundial de Vigilancia de los COPs en muestras nacionales han abonado a la evaluación de la efectividad del convenio de forma particular y en conjunto con los países de la región GRULAC. Los cambios en los niveles de COPs encontrados en las diversas matrices destacan la importancia de la generación de datos para la identificación de riesgos en las zonas de estudio del país, en especial por la generación de contaminantes de uso agrícola. Particularmente, se recomienda vigilar los niveles de DDTs ya que tanto en las matrices aire como leche materna, las concentraciones de estos compuestos son mucho más altas en comparación a otros países y regiones. Es notable la necesidad de continuar con mas campañas de monitoreo para generar datos que permitan analizar tendencias en las concentraciones de COPs en el contexto nacional.

9. REFERENCIAS

- Banco Mundial (2021). México: panorama general. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/country/mexico/overview#1>
- CONABIO (2020). México megadiverso. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees.html>
- CPEUM. Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos Artículo 40. 5 de febrero de 1917 (México). Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_280521.pdf
- ENCA (2017). Estrategia Nacional de Calidad del Aire. Visión 2017-2030. Gobierno de la República. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/195809/Estrategia_Nacional_Calidad_del_Aire.pdf
- ENCC (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Visión 10-20-40. Gobierno de la República. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- INECC (2020). Informe Nacional de la Calidad del Aire 2019, México. Ciudad de México: Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. Ciudad de México. 343 pp. Recuperado de: <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2019.pdf>
- INECC (2021). Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire (SMCA). Recuperado de: <https://cambioclimatico.gob.mx/estadosmunicipios/Aire.html>
- INECC (2021 b). Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire . Recuperado: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/repositorio-de-documentos-de-smca>
- INEGI (2021a). Cuéntame de México: Territorio. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>
- INEGI (2021b). Censo de Población y Vivienda 2020. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- INEGI (2021c). PIB y cuentas nacionales. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>

- Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas [IMPI] (2016). Mapa de la diversidad cultural de México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inpi/documentos/mapa-de-la-diversidad-cultural-de-mexico>
- Lohmann, R., Muir, D., Zeng, E. Y., Bao, L., Allan, I. J., Arinaitwe, K., Booij, K., Helm, P., Kaserzon, S., Mueller, J. F., Shibata, Y., Smedes, F., Tsapakis, M., Wong, C. S. and You J. (2017). Aquatic Global Passive Sampling (AQUA-GAPS) Revisited: First Steps toward a Network of Networks for Monitoring Organic Contaminants in the Aquatic Environment Sci Technol. 51, 1060–1067. DOI:10.1021/acs.est.6b05159.
- PNUMA (2017). Orientación sobre la toma de muestras, la selección y el análisis del contenido en contaminantes orgánicos persistentes de los artículos y productos UNEP/POPS/COP.7/16/analysis (revisada en 2017). <http://chm.pops.int/tabid/7730/Default.aspx>.
- PNUMA. (2010). Procedimiento operativo estándar para el muestreo de COP en leche materna. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/procedimiento-operativo-estandar-muestreo-cop-leche-materna>
- PNUMA. (2013). Análisis de éteres de difenilo polibromados (PBDE) en leche humana, aire y suero humano. Analisis_PBDE_Sp.pdf (unep.org)
- PNUMA. (2014). Análisis de bifenilos policlorados (PCB) y plaguicidas organoclorados (OCP) en leche humana, aire y suero humano. Ana_PCB_OCP_En.pdf (unep.org)
- PNUMA. (2015a). Análisis del ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS) en agua y perfluorooctano sulfonamida (FOSA) en leche materna, suero humano y aire, y análisis de algunas sulfonamidas de perfluorooctano (FOSAS) y etanoles de perfluorooctano sulfonamido (FOSES) en el aire. AnalysisPFOS_Sp.pdf (unep.org)
- PNUMA. (2015b). Protocolo para el análisis de dibenzo-para-dioxinas policloradas, dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF) y bifenilos policlorados tipo dioxina (dl-PCB) en aire ambiental y tejidos humanos. Ana_dIPOPs_Sp.pdf (unep.org)
- PNUMA. (2015c). Análisis de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) en el agua para el Plan de Vigilancia Mundial del Convenio de Estocolmo. Analisis_PFAS_Sp.pdf (unep.org)
- PNUMA. (2017a). Plan de monitoreo global de contaminantes orgánicos persistentes. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21742/Passive_Sampling_Ambient_Air_Procedure_SP.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- PNUMA. (2017b). Protocolo para el muestreo del agua como matriz básica en los proyectos GMP2 de ONU Medio Ambiente/FMAM2 para el análisis del PFOS. SOP Water Sampling 2017 En.pdf (unep.org)

- SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES [SRE] (2021). Información sobre México. Recuperado de: <https://embamex.sre.gob.mx/cuba/index.php/turista-mexicano/88-info-mexico>
- SEMARNAT (2019). Informe de la situación del medioambiente en México 2018. Recuperado de: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX_web.pdf
- SEMARNAT (2021). Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire). Recuperado de: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programas-de-gestion-para-mejorar-la-calidad-del-aire>
- SEMARNAT y CP, (2003). Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. Memoria Nacional 2001-2002. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/307967321_SEMARNAT_CP_2003_Memoria_Nacional_2001_2002_Evaluacion_de_la_Degradacion_del_Suelo_causada_por_el_Hombre_en_la_Republica_Mexicana_escala_1250000_Memoria_Nacional
- SEMARNAT, S. de M. A. y R. N., 2016. Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolm sobre Contaminantes Orgánicos Persistente. México.
- SINA (2021). Estadísticas del Agua en México 2018. Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?publicaciones=1>
- SINA (2021). Estadísticas del Agua en México 2018. Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php?publicaciones=1>
- SINAICA (2021). Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire. Recuperado de: <https://sinaica.inecc.gob.mx/>
- SNIB (2021). Portal de Geoinformación: Degradación del suelo en la República Mexicana. SEMARNAT, Dirección de Geomática, (2004). Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/dsuelo/degra250kgw

