



Ambiente



Prevención de riesgos a la salud relacionados con el uso de espumas para el control de incendios que pueden contener sustancias COP







**Ambiente**



---

# **Prevención de riesgos a la salud relacionados con el uso de espumas** para el control de incendios que pueden contener sustancias COP

---



Proyecto Fortalecimiento de la capacidad nacional para la gestión de  
Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP de uso industrial

**2025**

## **Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD en Colombia**

Claudio Tomasi  
**Representante Residente**

Carla Zacapa  
**Representante Residente Adjunta**

Jimena Puyana  
**Gerente de Ambiente y Desarrollo Sostenible**

José Álvaro Rodríguez Castañeda  
**Coordinador de Proyectos COP**

David Andrés Combariza Bayona - Consultor Riesgos en Salud  
**Contenidos**

Fabián Mauricio Pinzón Rincón  
Edwin Camelo Martínez  
Ingrid del Pilar Casas Merchán  
Jonathan Alexander Romero Coca  
Lissette Castro Santamaría  
Ingrid Viviana Leguizamo Sandoval  
**Equipo Técnico Proyecto COP**

GRAFOSCOPIO SAS  
**Diseño y Diagramación**

LAC IMPRESORES SAS  
**Impresión**

**Fotografías portada:** DepositPhotos.com y Freepik.es

# Tabla de contenido

¿Qué son los Contaminantes Orgánicos Persistentes - COP?	06
¿Convenio de Estocolmo?	10
¿Qué son las sustancias per y polifluoroalquiladas –PFAS?	14
¿Qué riesgos tienen las espumas para control de incendios?	17
¿De qué forma puede darse la exposición? (población de bomberos)	19
Factores que influyen en la exposición e inciden en los niveles biológicos de COP fluorados	20
¿De qué forma puede darse la exposición de la población general?	21
¿Que pasa cuando ingresan al cuerpo?	22
Conceptos de peligro y riesgo aplicados a la exposición a espumas	24
¿Qué posibles efectos pueden tener sobre la salud los PFOA / PFOS / PFHxS?	26
¿Qué acciones de prevención se están tomando para reducir el riesgo de exposición a COP fluorados?	27

## ¿Que son los contaminantes orgánicos persistentes – COP ?

Los COP son sustancias químicas o mezclas, producidas por el hombre para hacer más eficientes algunos procesos industriales, mejorar la producción agrícola, y controlar plagas, entre otras aplicaciones.



Algunas de estas sustancias se generan de forma no intencional, como subproductos de procesos de combustión.

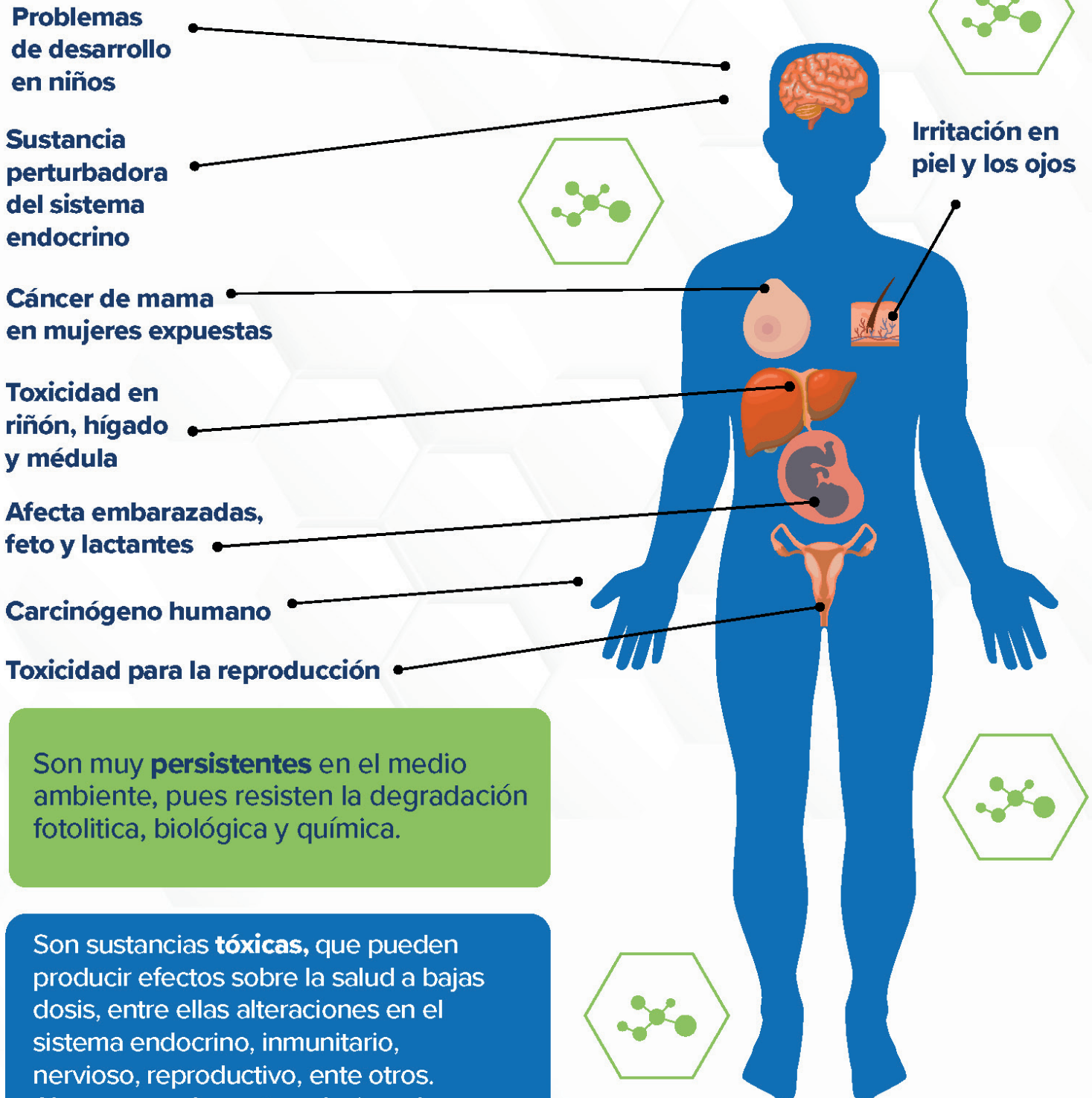


Se han usado por varias décadas, pero con el tiempo se descubrieron sus impactos negativos sobre la salud y el ambiente y se decidió prohibirlas o controlarlas, a través del Convenio de Estocolmo.



# ¿Que son los contaminantes orgánicos persistentes – COP ?

## Posibles riesgos a la salud de los COP



Son muy **persistentes** en el medio ambiente, pues resisten la degradación fotolítica, biológica y química.

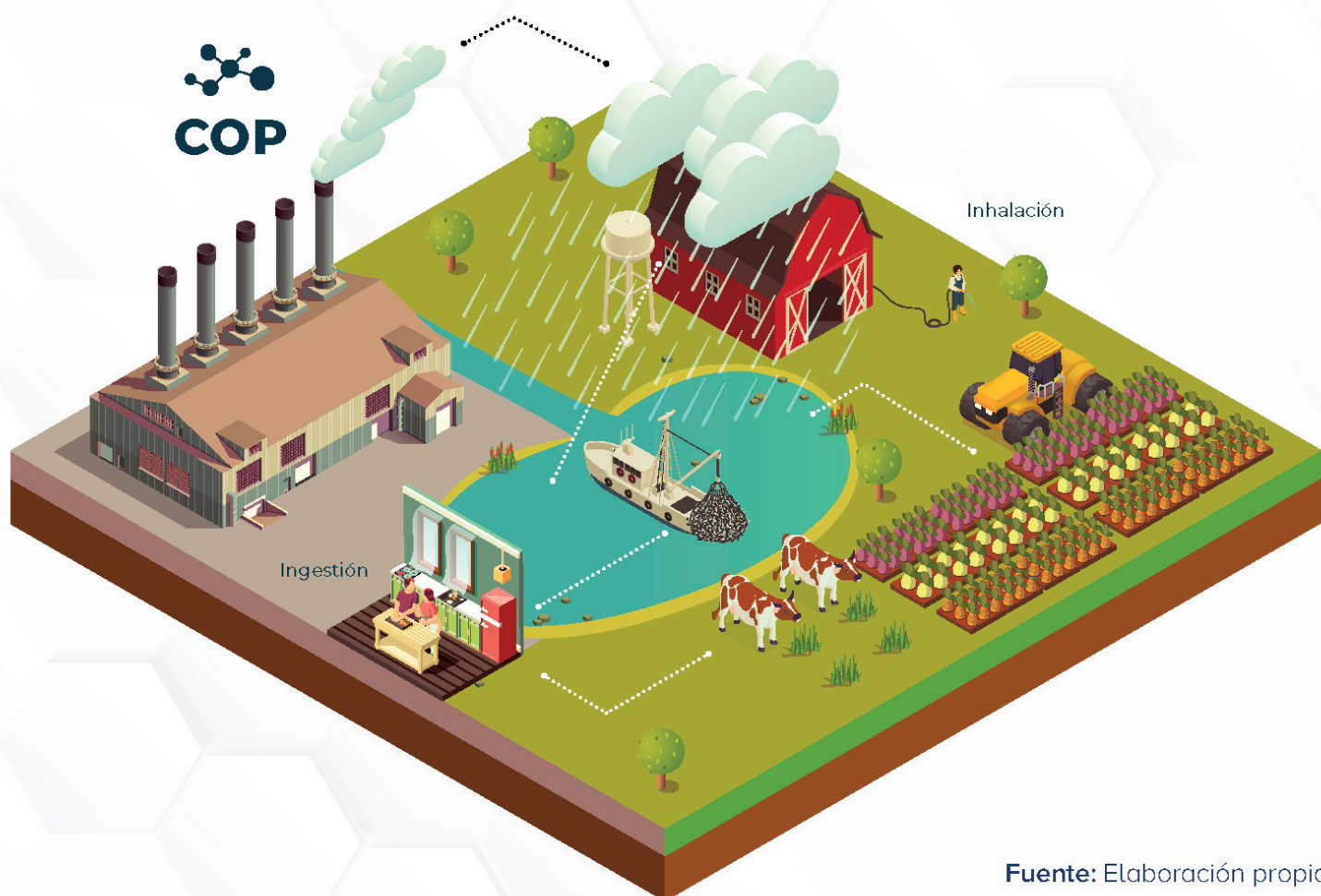
Son sustancias **tóxicas**, que pueden producir efectos sobre la salud a bajas dosis, entre ellas alteraciones en el sistema endocrino, inmunitario, nervioso, reproductivo, ente otros. Algunos pueden estar relacionados con mayor riesgo de cáncer

## ¿Qué caracteriza a los COP?

Al liberarse al ambiente, pueden **viajar** a través del aire y el agua hacia regiones **muy distantes** de su fuente original.



Pueden **concentrarse en los organismos vivos**, incluidos los humanos, hasta niveles que pueden afectar la salud humana y/o el ambiente, incluso en regiones alejadas de donde son usados o emitidos.



# ¿Qué caracteriza a los COP?

Los COP son sustancias de preocupación mundial por ser:



Bioacumulables



Tóxicas



Persistentes



Potencial de transporte ambiental de largo alcance

## Migración de los COP



Fuente: Adaptado de Wania and Mackay 1996

# Convenio de Estocolmo



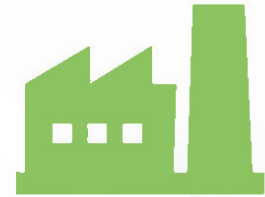
## Anexo A

### Eliminación

Las partes deben tomar medidas para eliminar la producción y el uso de los químicos incluidos en este Anexo.

#### Exenciones específicas\*

\*Solo para las partes que se han registrado. Colombia no cuenta con este registro.



## Anexo B

### Restricción

Las partes deben tomar medidas para restringir la producción y el uso de los químicos incluidos en este Anexo.

#### Exenciones específicas y finalidades aceptables\*

\*Solo para las partes que se han registrado. Colombia no cuenta con este registro.

## Anexo C

### Liberación NO intencional

# Sustancias incluidas en el Convenio de Estocolmo

## Todos los COP enumerados en el Convenio de Estocolmo

Los productos químicos a los que se refiere el Convenio de Estocolmo se enumeran en los anexos del [texto del convenio](#) :

### Anexo A (Eliminación)

Las Partes deben tomar medidas para eliminar la producción y el uso de los productos químicos enumerados en el Anexo A. [Las exenciones específicas](#) están disponibles en el Anexo A y se aplican sólo a las Partes que se han registrado para ellos.

<u>aldrin</u> ●	<u>clordano</u> ●	<u>clordecona</u> ●
<u>Éter decabromodifenilo (mezcla comercial, c-decaBDE)</u> ▲	<u>Declorano Plus</u> ▲	<u>dicofol</u> ●
<u>Dieldrin</u> ●	<u>endrin</u> ●	<u>heptacloro</u> ●
<u>hexabromobifenilo</u> ▲	<u>Hexabromociclododecano (HBCDD)</u> ▲	<u>Éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo</u> ▲
<u>Hexaclorobenceno (HCB)</u> ● ▲	<u>hexaclorobutadieno</u> ▲	<u>Alfa hexaclorociclohexano</u> ●
<u>Beta hexaclorociclohexano</u> ●	<u>lindano</u> ●	<u>metoxicloro</u> ●
<u>mirex</u> ●	<u>pentaclorobenceno</u> ● ▲	<u>Pentaclorofenol y sus sales y ésteres.</u> ●
<u>Bifenilos policlorados (PCB)</u> ▲	<u>Naftalenos policlorados</u> ▲	<u>Ácido perfluorooctanoico (PFOA), sus sales y compuestos afines del PFOA</u> ▲
<u>Ácido perfluorohexanosulfónico (PFHxS), sus sales y compuestos afines del PFHxS</u> ▲	<u>Parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)</u> ▲	<u>Endosulfán técnico y sus isómeros afines.</u> ●
<u>Éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo</u> ▲	<u>toxafeno</u> ●	<u>UV-328</u> ▲

# Sustancias incluidas en el Convenio de Estocolmo

## Anexo B (Restricción)

Las Partes deben tomar medidas para **restringir** la producción y el uso de los productos químicos enumerados en el Anexo B a la luz de cualquier propósito aceptable aplicable y/o exenciones específicas enumeradas en el Anexo.

DDT ●

Ácido perfluorooctano sulfónico (PFOS), sus sales y fluoruro de perfluorooctano sulfonilo (PFOSF) ● ▲

## Anexo C (Producción no intencional)

Las Partes deben tomar medidas para reducir las **liberaciones no intencionales** de sustancias químicas incluidas en el Anexo C con el objetivo de continuar con su minimización y, cuando sea posible, eliminarlas en última instancia.

Hexaclorobenceno (HCB) ■

Hexaclorobutadieno (HCBD) ■

pentaclorobenceno ■

Bifenilos policlorados (PCB) ■

Dibenzo -p- dioxinas policloradas (PCDD) ■

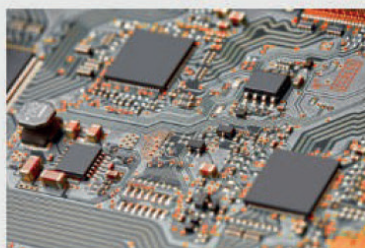
Dibenzofuranos policlorados (PCDF) ■

Naftalenos policlorados ■

Pesticida ●



químicos industriales ▲



Producción no intencional ■



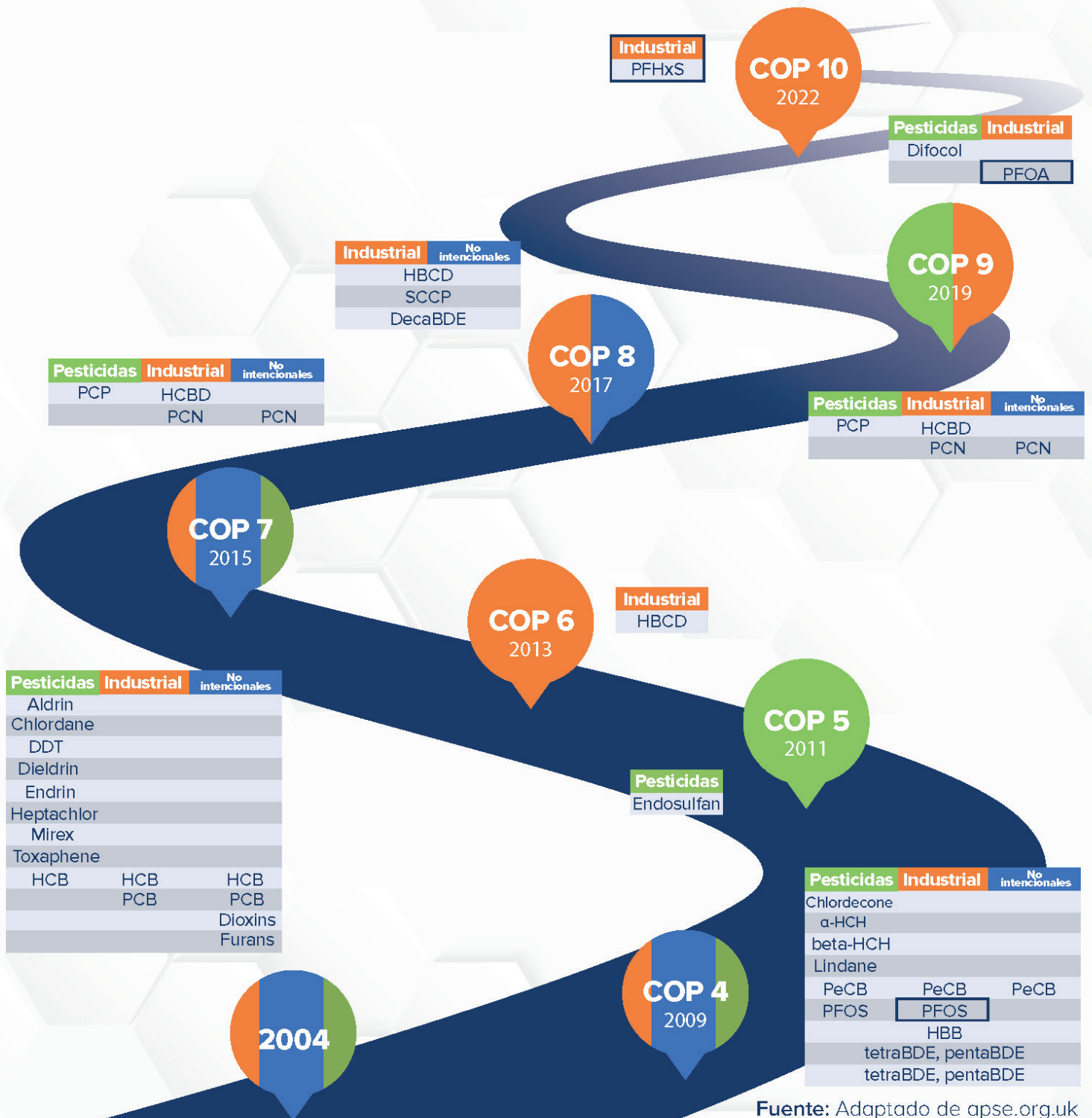
Fuente: <https://www.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx>



En el Convenio de Estocolmo se encuentran incluidas **34 sustancias** o grupos de sustancias y, actualmente hay otras en estudio para ser incluidas.

# Sustancias incluidas en el Convenio de Estocolmo

## COP incluidos en el Convenio de Estocolmo



## ¿Qué son las sustancias per y polifluoroalquiladas?



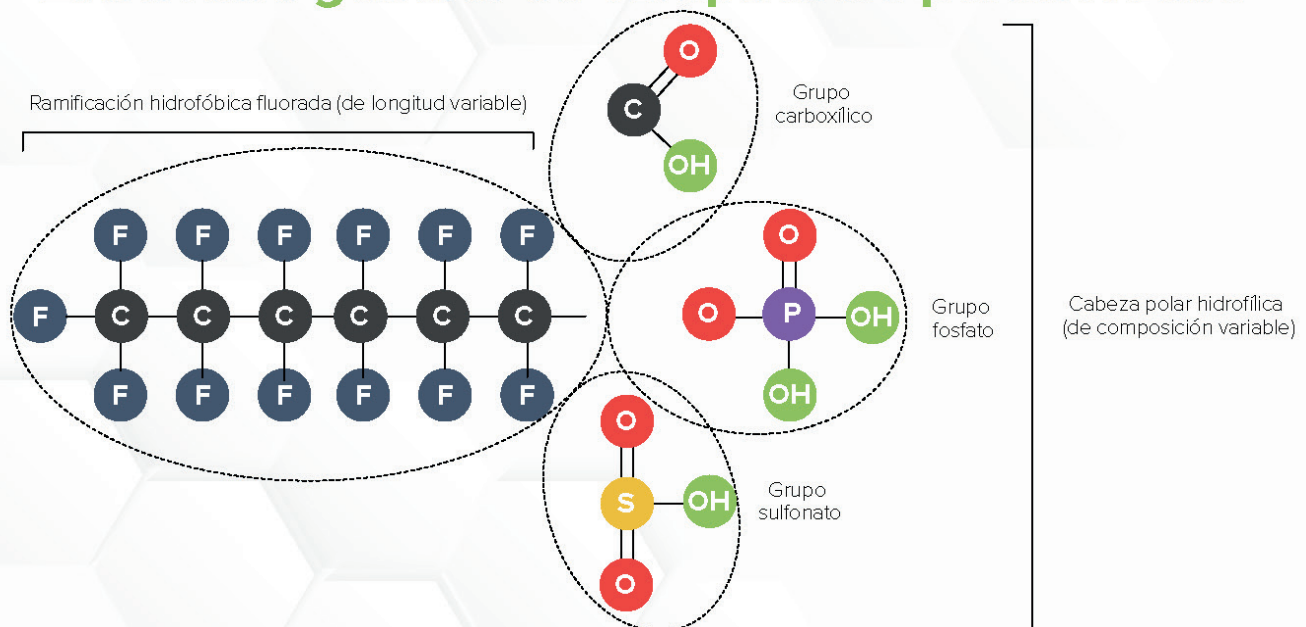
Estas sustancias tienen propiedades físicas y químicas únicas porque repelen el aceite y el agua, son termoestables y se comportan como surfactantes, por lo cual se han usado en una variedad de productos.



Su estabilidad química y térmica y su naturaleza hidrofóbica y lipofóbica hacen que persistan en el ambiente, sin degradarse.

Fuente: Depositphotos.com

## Estructura general de compuestos perfluorados



# ¿Qué son las sustancias per y polifluoroalquiladas?



Familia de sustancias químicas sintéticas que no ocurren naturalmente en el ambiente

## PFAS

Sustancias per y polifluoroalquiladas

> 5.000 sustancias

Catalogadas como "químicos para siempre"



**PFOS**

Ácido sulfónico de perfluorooctano, sus sales y moléculas relacionadas **(96)**



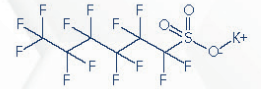
**PFOA**

Ácido perfluorooctanoico, sus sales y moléculas relacionadas **(190)**



**PFHxS**

Ácido sulfónico de perfluorohexano, sus sales y moléculas relacionadas **(146)**



**Prohibidas por ser COP**

(Ley 1196 de 2008, Anexo A y Circular 004 de 2024 de Mincomercio, Anexo 27).

**Contienen flúor en su composición  
Enlace carbono – flúor: alta fortaleza**

**GenX**

**Otras**

PFAS de interés global, pero que aún no se encuentran incluidas en el Convenio de Estocolmo.

## ¿Qué son las sustancias per y polifluoroalquiladas?



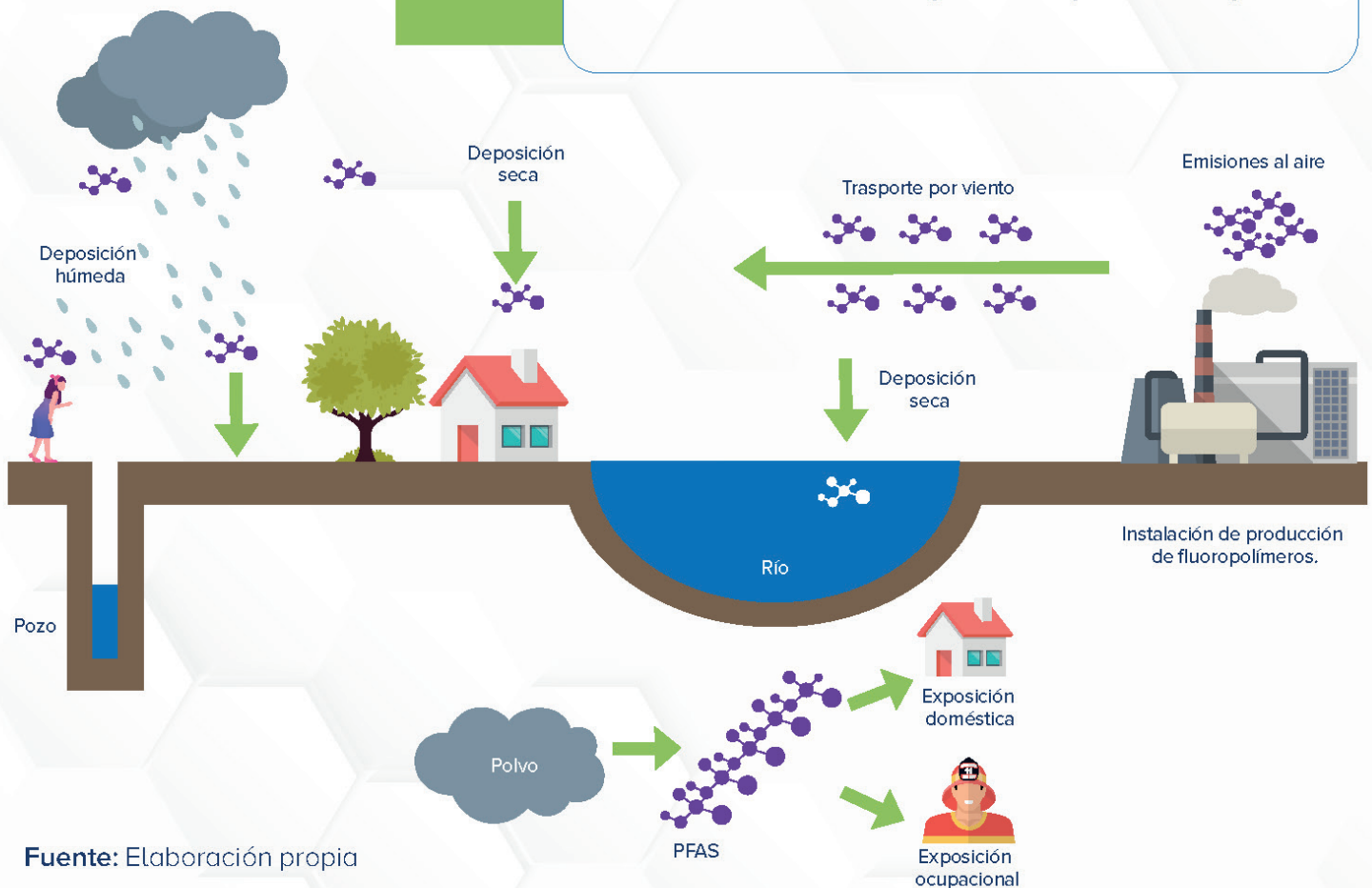
Se producen de forma intencional o como producto de la degradación de otras sustancias. Pueden ser liberadas al aire, el agua y el suelo, en lugares donde se manufacturan o se usan.



Se han encontrado en el aire y el polvo, en el agua de superficie y el agua subterránea, y en el suelo y sedimento.



En condiciones típicas del suelo, pueden tardar 1.000 años en degradarse, por lo cual se conocen como “químicos para siempre”.



Fuente: Elaboración propia

# ¿Qué riesgos tienen las espumas para el control de incendios?



Las espumas formadoras de película acuosa (AFFF) han sido utilizadas para el control de fuegos clase B, y algunas de estas pueden tener en su composición sustancias como PFOS, PFOA y/o PFHxS.

## Tipo de fuego



	Clase A Materiales inflamables (ej. papel y madera).	Clase B Líquidos inflamables (ej. combustibles y pinturas).	Clase C Gases inflamables (ej. butano y metano).	Clase D Metales inflamables (ej. litio y potasio).	Clase E equipo electrónico (ej. computadores y electrónicos).	Clase F Grasas y aceites de cocina (ej. freidoras y sartenes).
Espuma						

Las AFFF se usan en áreas con presencia de líquidos inflamables:

- Refinerías
- Plataformas petroleras
- Operaciones aéreas
- Plantas químicas
- Instalaciones militares

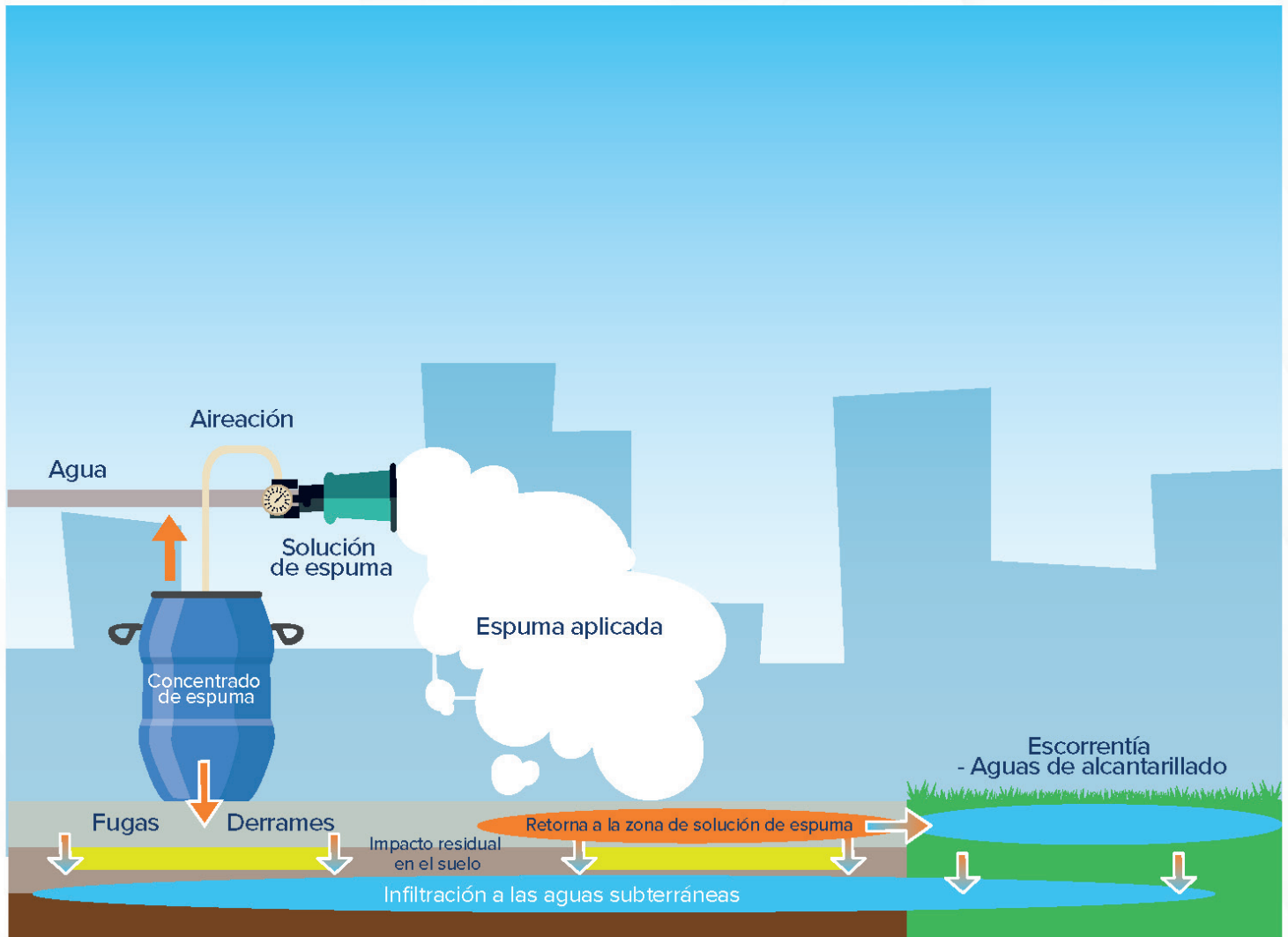
Debido a que tienen una larga vida media y su uso no es permanente, pueden estar presentes como producto de reserva o en stock.

Espuma

Película

Fuego

# ¿Cómo llegan al ambiente los COP fluorados presentes en los concentrados de espumas?



Fuente: Interstate Technology and Regulatory Council (ITRC) – PFAS Technical and Regulatory Guidance Document and Fact Sheets 1 <https://pfas-itrweb.org/3-firefighting-foams/>

# ¿De qué forma puede darse la exposición? (población de bomberos)



**Durante incendios (depende del escenario)**

Fuente: lata.org



**En entrenamientos de rutina**

## Vías de exposición:

### Dérmica (contacto directo con espuma)

No es una vía significativa para los bomberos que manejan AFFF.



**Inhalatoria**  
Inhalación de AFFF aerosolizada.



**Ingestión**  
Inhalación e ingestión incidental de AFFF.



Por contacto con elementos de protección contaminados y posterior transferencia mano a boca.

# Factores que influyen en la exposición e inciden en los niveles biológicos de COP fluorados



Exposición a fuentes presentes en el agua y los alimentos.



Exposición a AFFF.



Personal con mayor tiempo de servicio y que ha estado expuesto de forma directa a la espuma, tiene más probabilidad de presentar niveles de PFAS en suero superiores al resto de la población.



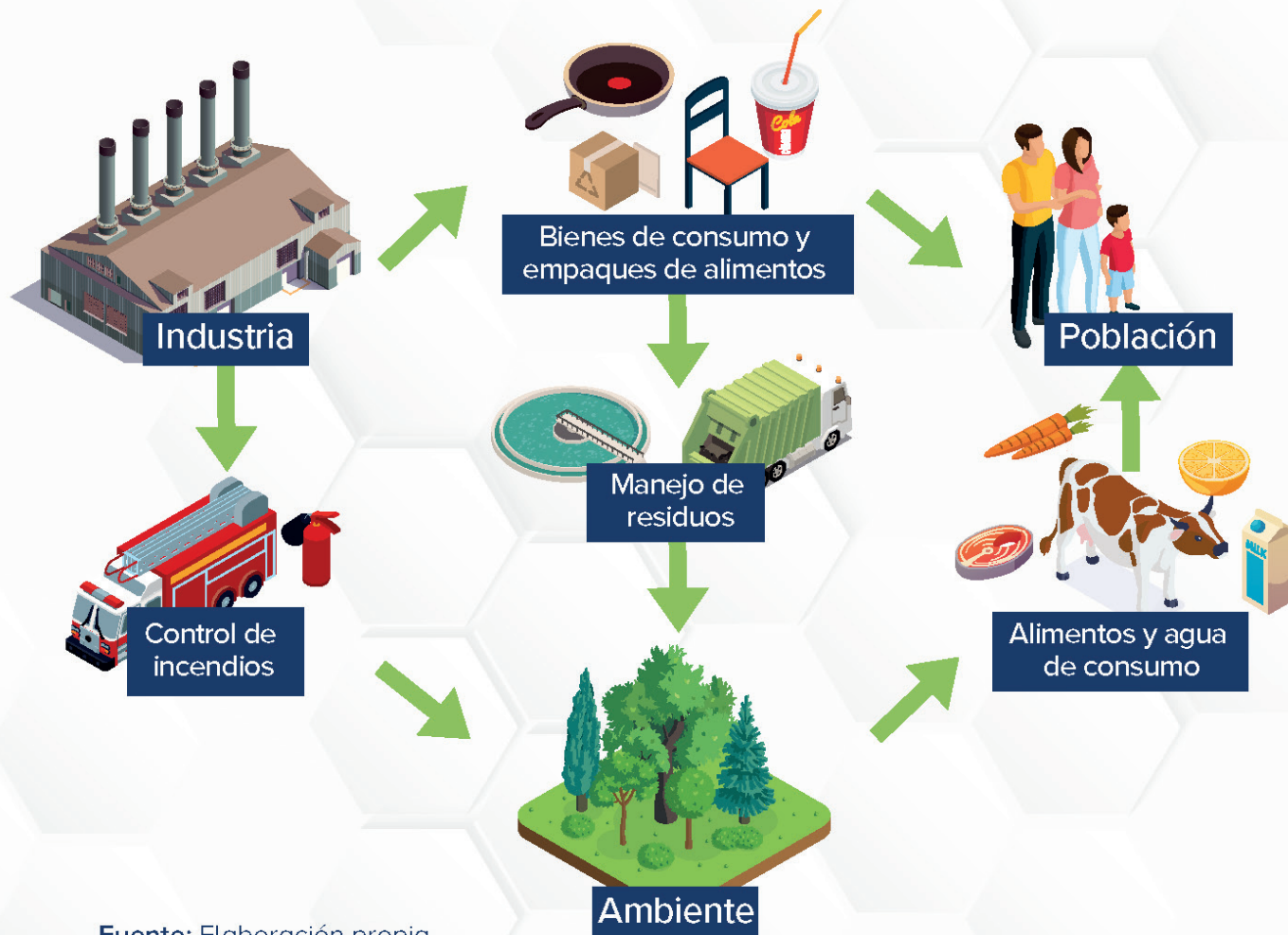
Actividades asignadas: un técnico de vehículo puede tener más exposición por el aseo y el mantenimiento de la máquina.




Fuente: Fireengineering.com


# ¿De qué forma puede darse la exposición de la población general?


## Ciclo de vida de los PFAS



Fuente: Elaboración propia

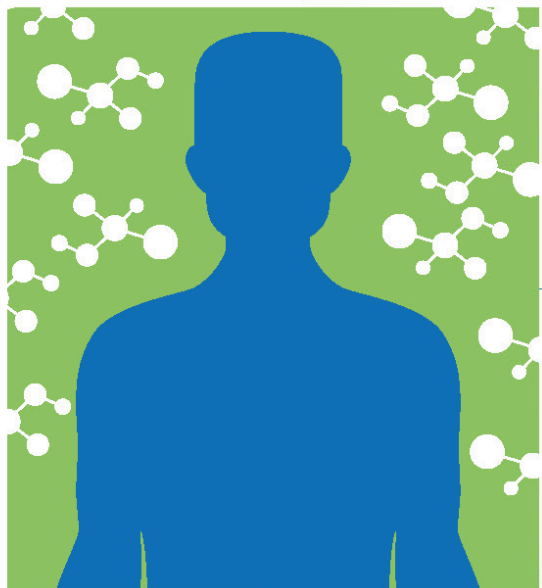
- 

Contacto con el aire, el polvo en el interior de viviendas, los alimentos, el agua y una variedad de productos de consumo.
- 

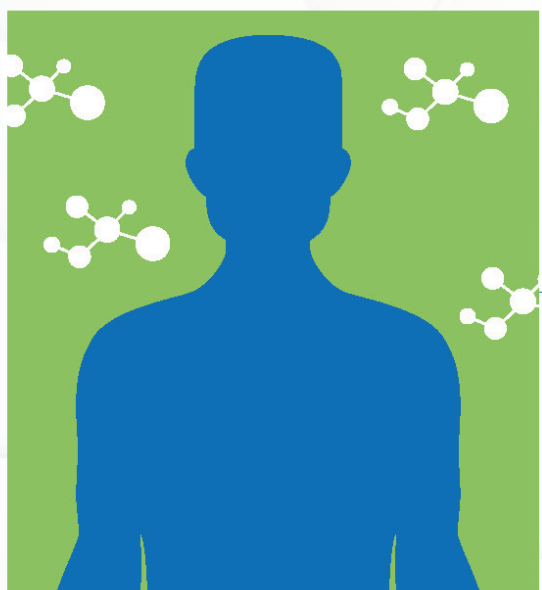
Para la mayoría de la gente, los alimentos son la principal fuente de exposición a productos perfluoroalquilados, como PFOA, PFOS y PFHxS.
- 

En años recientes, las industrias han reducido la producción de estas sustancias o han iniciado cambios en los procesos de manufactura, con el fin de reducir las descargas y la cantidad de estas sustancias en sus productos. En otros casos, se ha buscado remplazarlos con otras sustancias.

## ¿Qué pasa cuando ingresan al cuerpo?

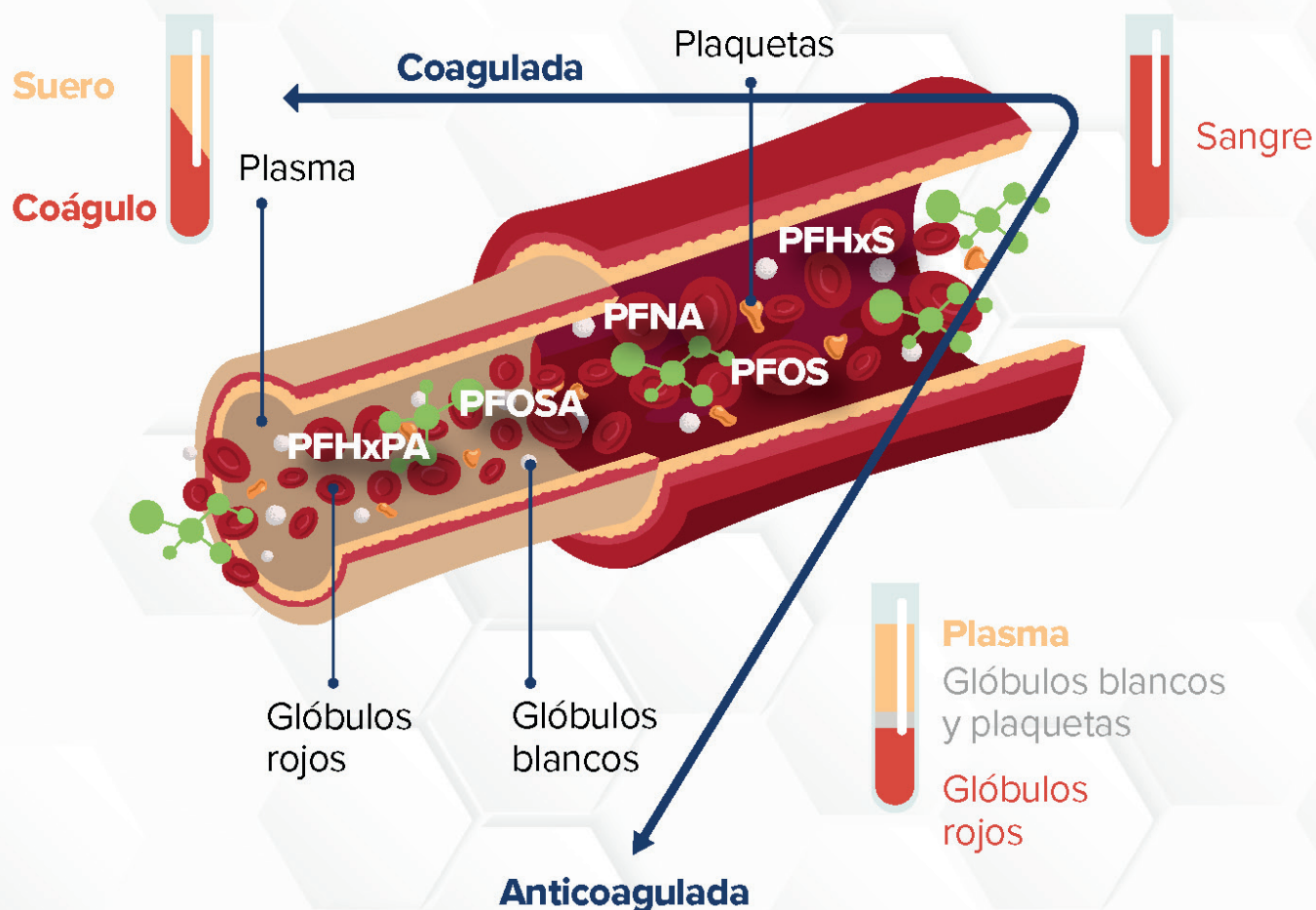


Una vez en el cuerpo, las sustancias **perfluoroalquiladas** (especialmente las más usadas como PFOS, PFOA y PFHxS) tienden a depositarse y permanecer sin cambios durante largos periodos de tiempo.



Su vida media (tiempo para que el nivel en el cuerpo disminuya a la mitad) **es aproximadamente de cuatro años, aun cuando no haya exposición.**

## ¿Qué pasa cuando ingresan al cuerpo?



Fuente: Adaptado de pubs.acs.org



En general, mientras más corta sea la cadena de carbono del producto perfluoroalquilado, más rápido abandona el cuerpo.



Su medición puede hacerse en suero.



Su eliminación es principalmente en la orina.

# Conceptos de peligro y riesgo aplicados a la **exposición a espumas**



**Peligro:** capacidad de una sustancia de generar un efecto adverso en un organismo.

Composición espuma –  
presencia COP fluorados  
**(PFOS-PFOA-PFHxS)**



**Riesgo:** probabilidad de que, bajo condiciones específicas de exposición, el peligro se materialice y origine un daño.

Condiciones específicas  
de exposición –  
frecuencia/tiempo

**Riesgo = f (peligro, exposición)**



**Para que exista un riesgo,** es necesario estar expuesto a una sustancia y que esta exposición represente un peligro para la salud.

**Exposición:**

Depende de la dosis, la frecuencia,  
la magnitud y la vía.

# Conceptos de peligro y riesgo aplicados a la **exposición a espumas**



Para que exista un **riesgo**, es necesario estar expuesto a una sustancia **y que esta exposición represente un peligro** para la salud.

## Exposición:



**Dosis:** cantidad a la que hay exposición – concentración del producto



**Magnitud:** tiempo de duración de la exposición a la espuma



**Frecuencia:** número de veces en que se expone a espuma



**Vía:** ruta a través de la cual hay contacto con la espuma

## ¿Qué posibles efectos pueden tener sobre la salud los PFOA/PFOS/PFHxS?

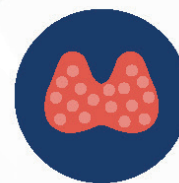
Niveles de colesterol elevados están asociados con niveles elevados de PFOA y PFOS en la sangre de trabajadores que inhalaron PFOA o PFOS, así como en personas que ingirieron estos compuestos.

Posible asociación entre niveles de PFOA y PFOS y niveles elevados de ácido úrico, lo que puede estar asociado con un mayor riesgo de tener presión alta.

Alteraciones en la función tiroidea.



**Daño hepático**



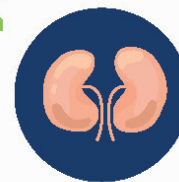
**Enfermedad tiroidea**



Dependen de la magnitud de la exposición



**Enfermedad cardiovascular**



**Enfermedad renal crónica**

## ¿Qué posibles efectos pueden tener sobre la salud los PFOA/PFOS/PFHxS?

También hay alguna evidencia de que la exposición a PFOA o PFOS puede afectar el hígado, favorecer el surgimiento de enfermedades tiroideas y reducir la actividad del sistema inmunológico.

Algunos estudios han identificado un posible incremento de riesgo de cáncer de riñón, testículo, próstata, tiroides, colon e hígado (IARC 2B).

Pueden pasar al feto a través del cordón umbilical o al recién nacido a través de leche materna, y originar problemas en el desarrollo.



**Baja fertilidad**



Dependen de la magnitud de la exposición y la vía de ingreso.



**Cáncer de testículos**

## ¿Qué acciones de prevención se están tomando para reducir el riesgo de exposición a COP fluorados?



Divulgar la información relacionada con su peligrosidad.



Asesorar a las empresas que los usan para acompañar la sustitución y evitar su uso y exposición



Desarrollar un inventario para conocer cantidades existentes y definir un plan para su manejo.



Buscar sustancias alternativas más seguras y sustituir los PFOS, PFOA y PFHxS.



Generar directrices enfocadas en su restricción y eliminación.

## ¿Qué acciones de prevención se están tomando para reducir el riesgo de exposición a COP fluorados?



<https://image.jimcdn.com/app/cms/image/transf/none/path/sa93b837186f9691f/image/i0096948d80cef653/version/1594678812/image.jpg>



**Capacitación** a trabajadores para un manejo adecuado de productos (protección).



**Orientar** procesos voluntarios de vigilancia epidemiológica para trabajadores con antecedentes de exposición a COP fluorados.



**Explorar** estrategias para el desarrollo de protocolos enfocados en el manejo ambientalmente racional y seguro de productos potencialmente contaminados existentes.

# Retos

Identificar las espumas contaminadas con COP fluorados y suspender su uso.

Reducir al máximo el contacto con este tipo de productos.

Efectuar un proceso de sustitución técnica con otro tipo de espumas.

Descontaminación técnica de equipos que puedan estar contaminados.

Efectuar la adecuada gestión y disposición de los residuos contaminados con COP

Identificar otras posibles fuentes de exposición (trajes protectores) y considerar su sustitución.



## Referencias

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Información básica sobre PFAS.

Encontrado en: [Información básica sobre PFAS | US EPA](#)

Australian Government. Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Encontrado en: [Australian Government PFAS Taskforce | PFAS](#)

IARC. (2023). Occupational exposure as a firefighter. IARC Monogr Identif Carcinog Hazards Hum. 132:1–730.

Jianna Li, Brian R. Pinkard, Shuzhong Wang, Igor V. (2022). Novosselov Review: Hydrothermal Treatment of Per- and Polyfluoroalkyl Substances Chemosphere.

Perfluorooctanoic acid, tetrafluoroethylene, dichloromethane, 1,2-dichloropropane, and 1,3-propane sultone / IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. (2014). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans ; volume 110.

Rosenfeld, P. Spaeth, K. Remy, L. Byers, V. Muerth, S. Hallman, R. Summers-Evans, J. Barker, S. (2023). Perfluoroalkyl substances exposure in firefighters: Sources and implications. Environmental Research, 220, 115164.

Interstate Technology Regulatory Council – ITCR PFAS Technical and Regulatory Guidance Document – September 2023 - <https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2023/12/Full-PFAS-Guidance-12.11.2023.pdf>







Ambiente

