



# Consideraciones para la salud asociadas a sustancias COP que se han utilizado en espumas para control de incendios

---

DAVID ANDRÉS COMBARIZA BAYONA MD MSC, CONSULTOR TOXICOLOGÍA,  
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO TERRITORIAL – PROGRAMA NACIONES  
UNIDAS PARA EL DESARROLLO

# Contenidos

---

- Aspectos generales de los COP – Contaminantes Orgánicos Persistentes
- PFAS – Sustancias Per y Polifluoroalquiladas
  - Fuentes
  - Vías de exposición
- Riesgos a la salud de PFAS
- Medidas de intervención

# Aspectos generales de los COP.

Características generales de los contaminantes orgánicos persistentes



# ¿Qué son los contaminantes orgánicos persistentes - COP?

- Los COP son sustancias químicas o mezclas, producidas por el hombre para mejorar la producción agrícola, controlar plagas y hacer más eficientes algunos procesos industriales.
- Se han usado por varias décadas, pero con el tiempo se descubrieron sus impactos negativos en la salud y el ambiente y se decidió prohibirlas o controlarlas.
- Algunas de estas sustancias se generan de forma no intencional, como subproductos de procesos de combustión.



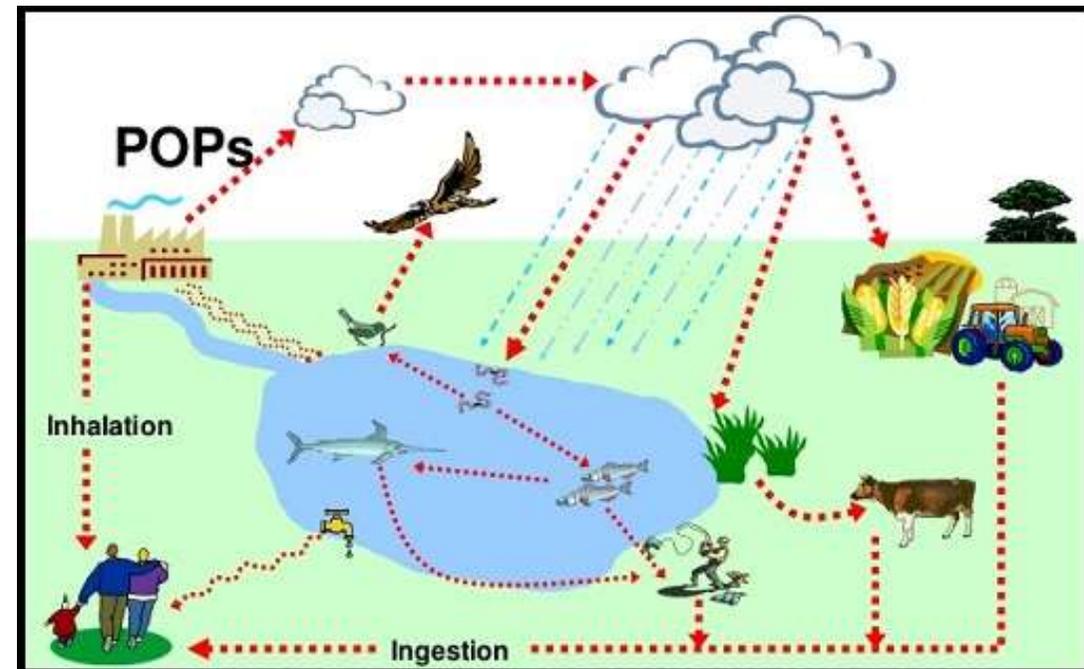
# ¿Cuáles son sus características?

- **Persistentes** en el medio ambiente:
  - Resisten degradación fotolítica, biológica y química.
- **Tóxicos**:
  - Pueden producir efectos sobre la salud humana a dosis muy bajas.
  - Alteraciones en el sistema endocrino, nervioso, reproductivo, entre otros.

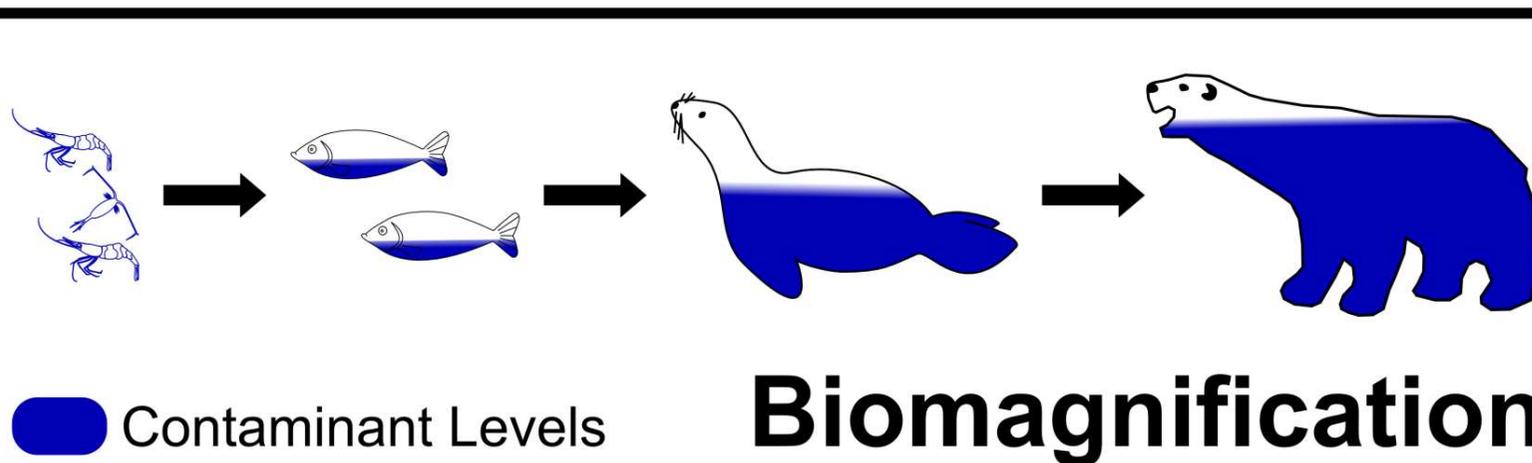
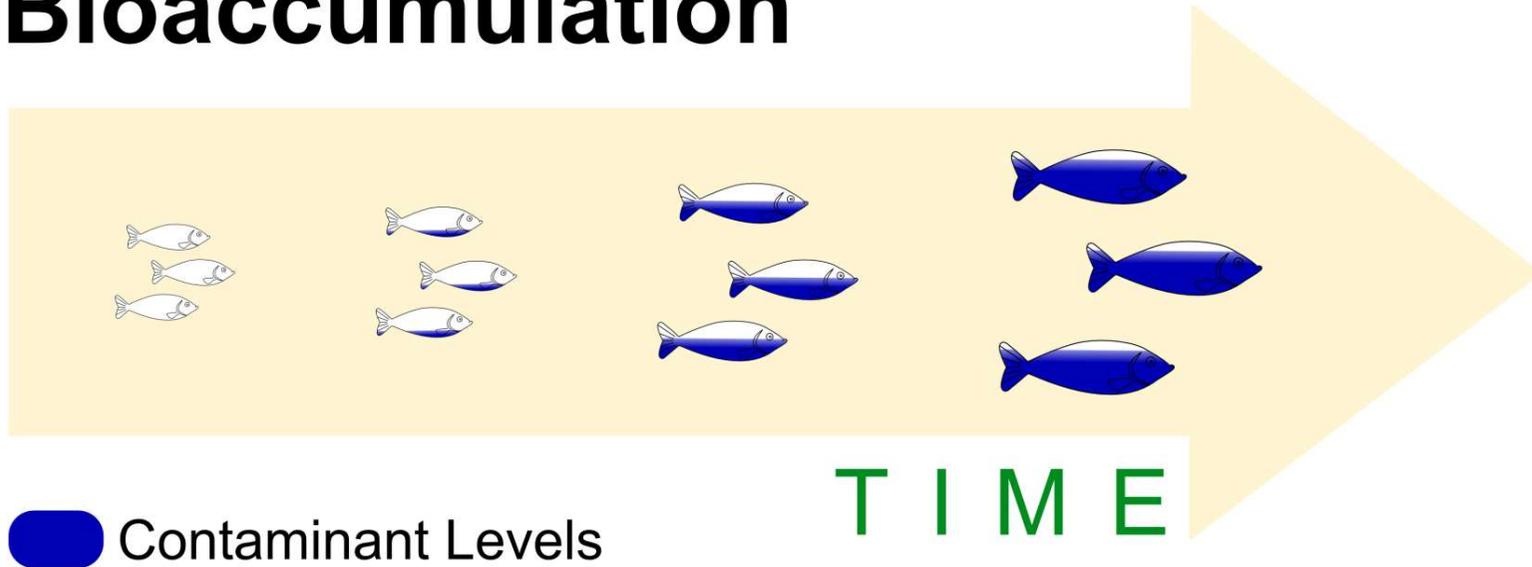


# ¿Cuáles son sus características?

- Transporte larga distancia:
- Al liberarse al ambiente pueden viajar a través del aire, el agua y los organismos de especies migratorias hacia regiones muy distantes de su fuente original.
- Bioacumulación:
- Pueden concentrarse en los tejidos grasos de seres vivos, pasar de una especie a otra en la cadena alimentaria y son difíciles de eliminar.



# Bioaccumulation



# ¿Sabes qué son los COP?

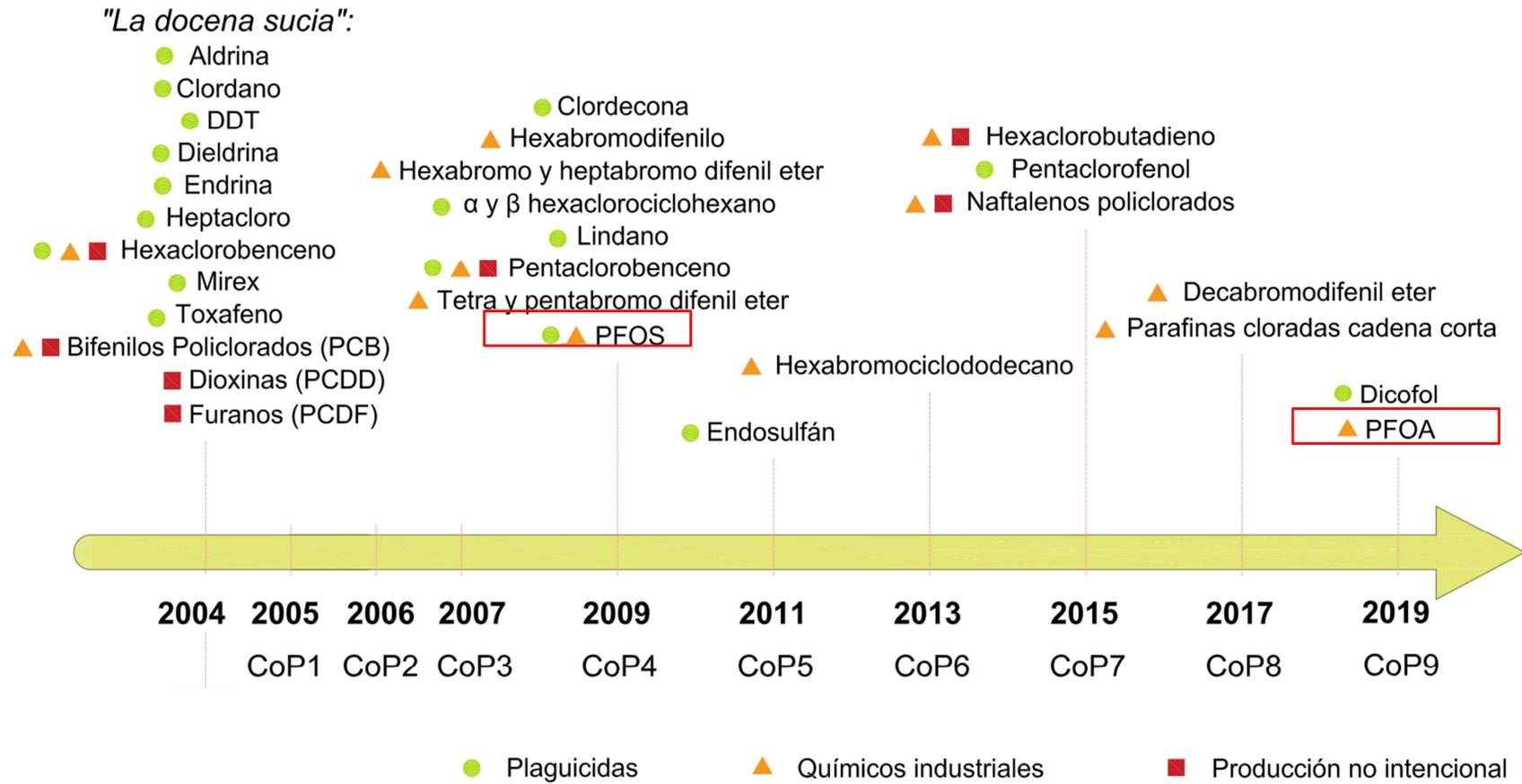
Contaminantes Orgánicos Persistentes

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) son sustancias químicas capaces de producir efectos negativos a niveles muy bajos, lo que les convierte, de entre todos los productos químicos artificiales, en los más peligrosos, representando un problema a escala global



Fuente: <https://pbs.twimg.com/media/EIN0pgcXUAET0-Q.jpg>

# Sustancias COP incluidas en el Convenio de Estocolmo



## 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 solo a las Partes que se han registrado para ellas.

La lista indicativa de sustancias cubiertas por la lista de PFOA, sus sales y compuestos relacionados con PFOA estará disponible después de la 16ª reunión del Comité de Revisión de COP.

<u>Aldrin</u> ●	<u>clordano</u> ●	<u>clordecona</u> ●
<u>Decabromodifenil éter (mezcla comercial, c-decaBDE)</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>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 relacionados con el PFOA</u> ▲	<u>Ácido sulfónico de perfluorohexano (PFHxS), sus sales y compuestos relacionados con el PFHxS</u> ▲
<u>Parafinas cloradas de cadena corta (PCCC)</u> ▲	<u>Endosulfán técnico y sus isómeros relacionados</u> ●	<u>Éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo</u> ▲
<u>toxafeno</u> ●		

## 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.

<u>DDT</u> ●	<u>Ácido sulfónico de perfluorooctano (PFOS), sus sales y fluoruro de sulfonilo de perfluorooctano (PFOSF)</u> ● ▲
--------------	--

## Anexo C (Producción no intencional)

Las Partes deben tomar medidas para reducir las **liberaciones no intencionales** de sustancias químicas enumeradas en el Anexo C con el objetivo de continuar con la minimización y, cuando sea factible, la eliminación final.

<u>Hexaclorobenceno (HCB)</u> ▲	<u>Hexaclorobutadieno (HCBd)</u> ▲	<u>pentaclorobenceno</u> ▲	<u>Bifenilos policlorados (PCB)</u> ▲
<u>Dibenzo -p -dioxinas policloradas (PCDD)</u> ▲		<u>Dibenzofuranos policlorados (PCDF)</u> ▲	<u>Naftalenos policlorados</u> ▲



Productos incluidos en el Convenio de Estocolmo

# PFAS

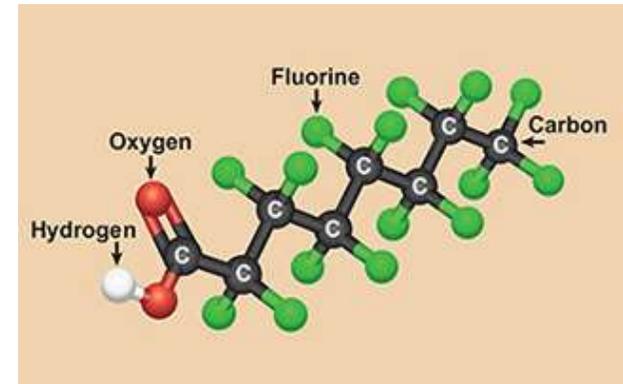
Características  
generales de las  
sustancias per y  
polifluoroalquiladas



<https://www.westonsolutions.com/wp-content/uploads/2022/08/PFAS-Drinking-water-Kammer-02.jpg>

# ¿Que son las sustancias per y polifluoroalquiladas - PFAS?

- Familia de sustancias químicas fabricadas por el hombre de forma sintética, que no están presentes de forma natural en el ambiente
- Desde 1950 se han usado en productos para proteger la superficie de artículos tales como alfombras y ropa para hacerlas resistentes a las manchas
- Contienen flúor en su composición
  - Enlace carbono - flúor de alta fortaleza
  - Sulfonato de perfluorooctano (PFOS)
  - Acido perfluorooctanoico (PFOA)
  - Sulfonato de perfluorohexano (PFHxS)



PFOA

# ¿Que son las sustancias per y polifluoroalquiladas - PFAS?

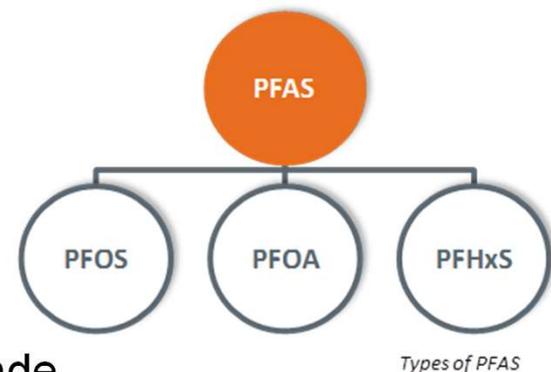
- Sus propiedades para repeler aceite, grasa y agua han hecho que se usen en una variedad de productos
- Se producen de forma intencional o como producto de degradación de otras sustancias
- Algunos PFAS se han usado en industria aeroespacial, electrónica, automotriz, de construcción, en fluidos hidráulicos y en espumas contra incendios.

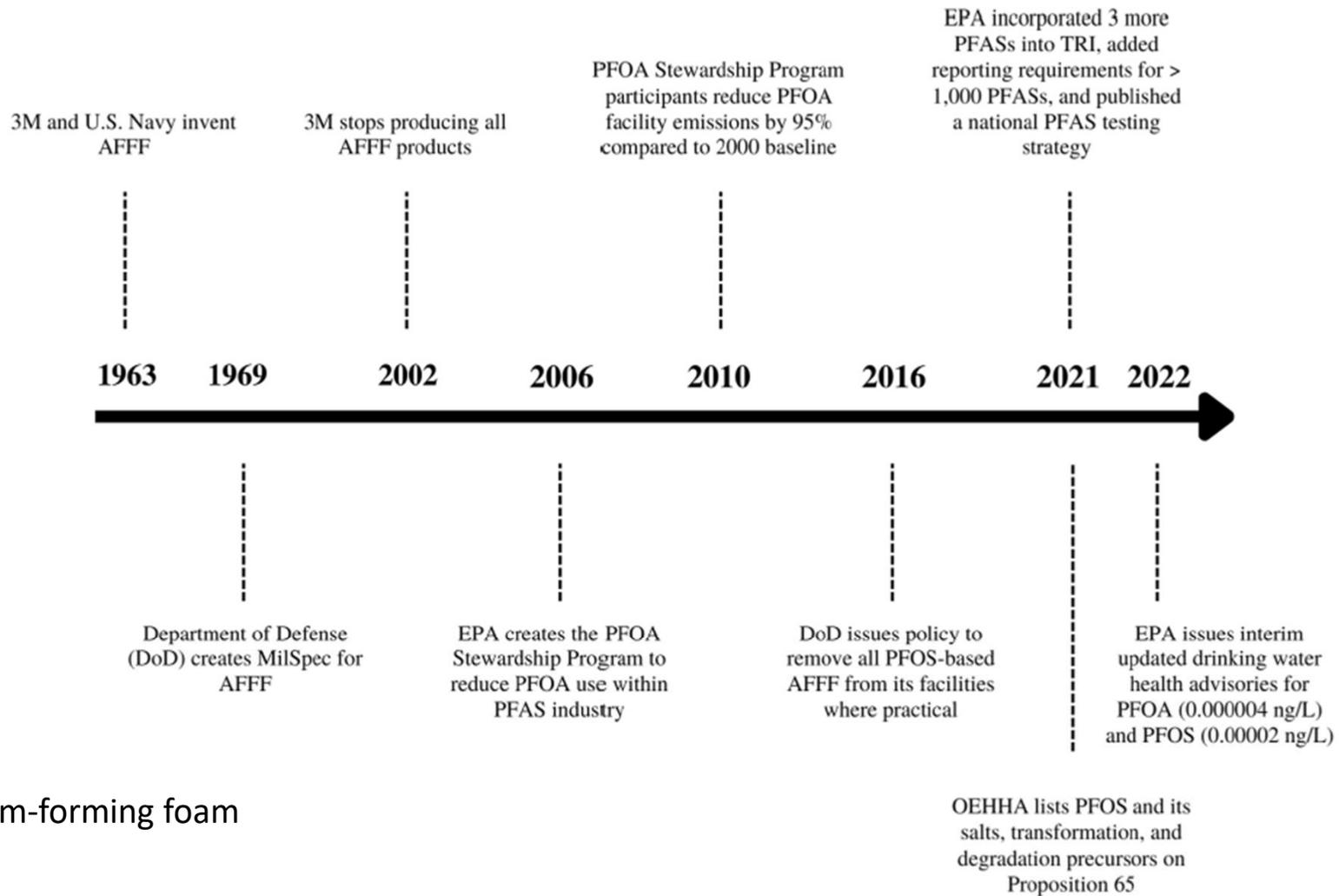


<https://s40123.pcdn.co/wp-content/uploads/2020/04/firefighter-using-pfas-foam-1.jpg.webp>

# ¿Dónde se encuentran los PFAS?

- Están presentes en múltiples productos de consumo.
- Los PFAS pueden ser liberados al aire, al agua y al suelo en lugares donde se manufacturan o se usan.
- Los dos PFAS que se han producido en mayor cantidad son **PFOA** y **PFOS**.
- Los PFAS se han encontrado tanto en el aire como en polvo, en agua de superficie y agua subterránea y en el suelo y sedimento
- 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, o remplazándolos con otras sustancias





## AFFF Aqueous film-forming foam

Fig. 1. Timeline of AFFF use in the U.S.

# ¿Dónde se encuentran los PFAS?

- Producción de fluoroelastómeros y fluoropolímeros
- Productos de cocina con propiedades antiadherentes
- Tratamiento superficial de textiles
- Papeles y pinturas
- Espumas antincendios
- Tapetes anti manchas
- Productos de limpieza de alfombras
- Polvo de casa
- Bolsas de maíz para microondas
- Agua
- Alimentos
- Teflón (PTFE Politetrafluoroetileno)

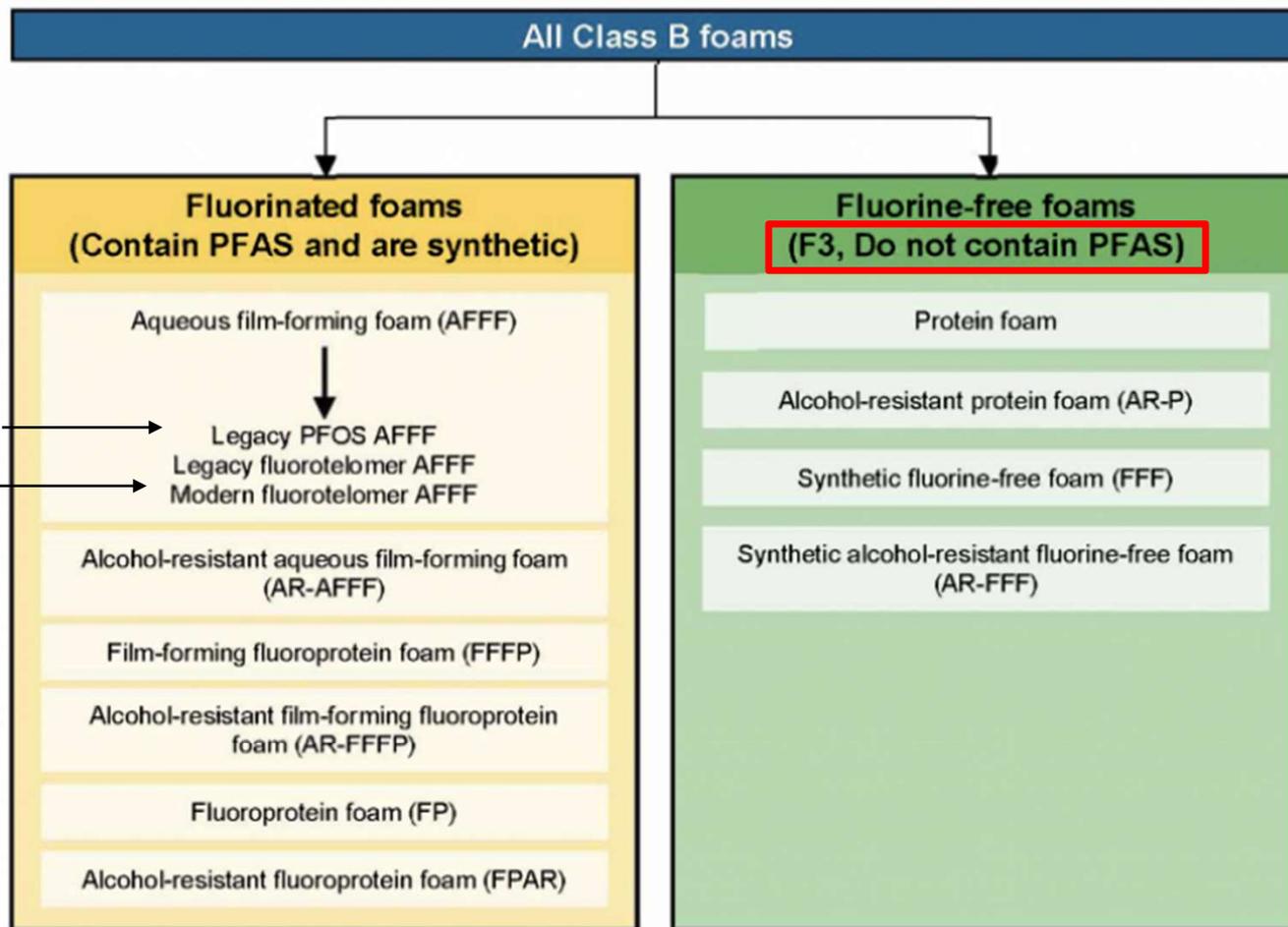


<https://www.tampabaywater.org/wp-content/uploads/PFAS-Products-Wheel-1.png>

# ¿Dónde se encuentran los PFAS?

- Componente de espuma formadora de película acuosa AFFF
- Extinción de incendios clase B – combustible líquido

	<b>Class A</b> Flammable Materials (eg: paper & wood)	<b>Class B</b> Flammable Liquids (eg: paint & petrol)	<b>Class C</b> Flammable Gases (eg: butane & methane)	<b>Class D</b> Flammable Metals (eg: lithium & potassium)	<b>Class E</b> Electrical Equipment (eg: computers & generators)	<b>Class F</b> Cooking Fats and Oils (eg: fryers & chip pans)
 <b>Foam</b>						

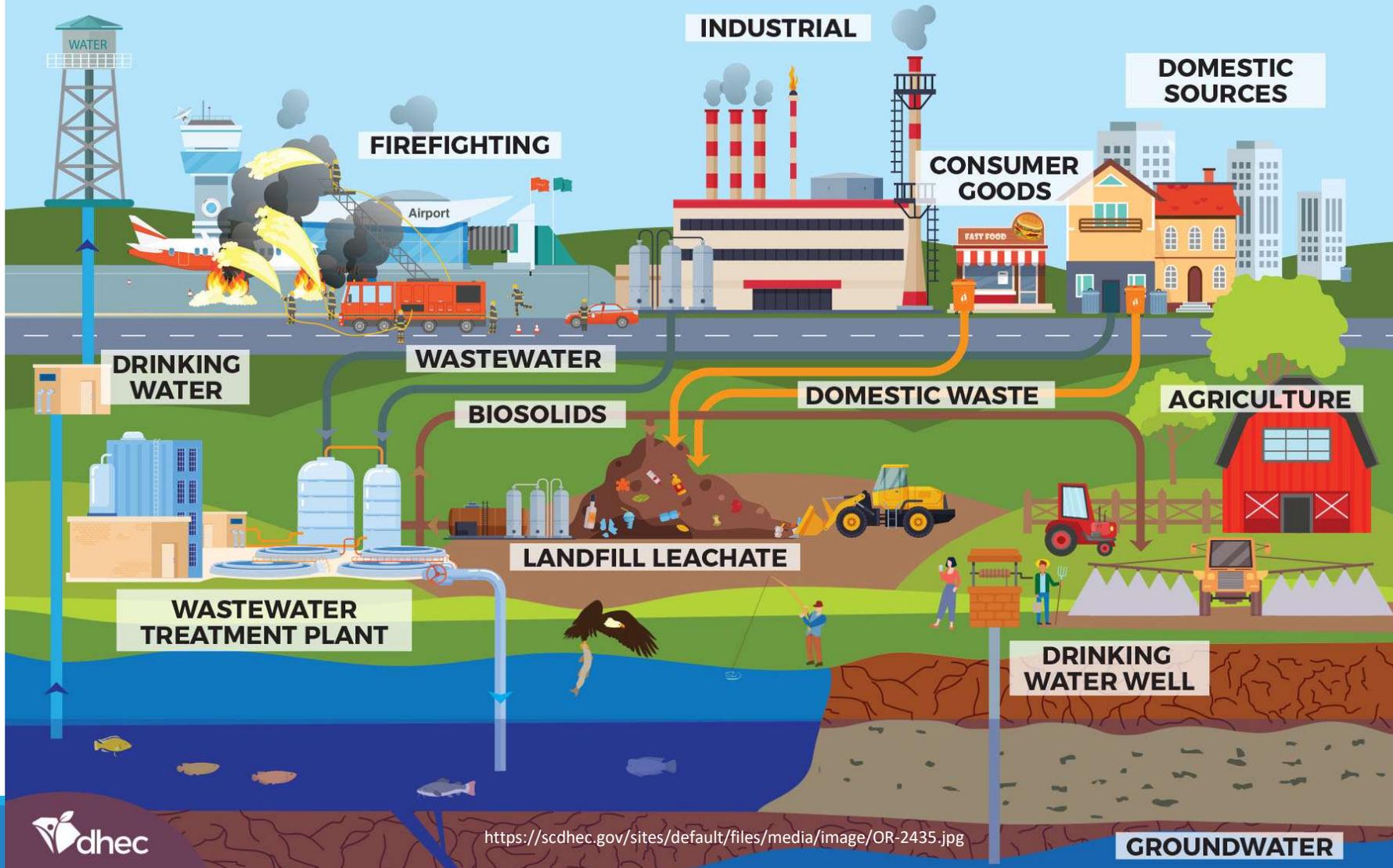


**Figure 3-2. Types of Class B foams**

*Source: S. Thomas, Wood, PLC. Used with permission.*

<https://pfas-1.itrcweb.org/3-firefighting-foams/>

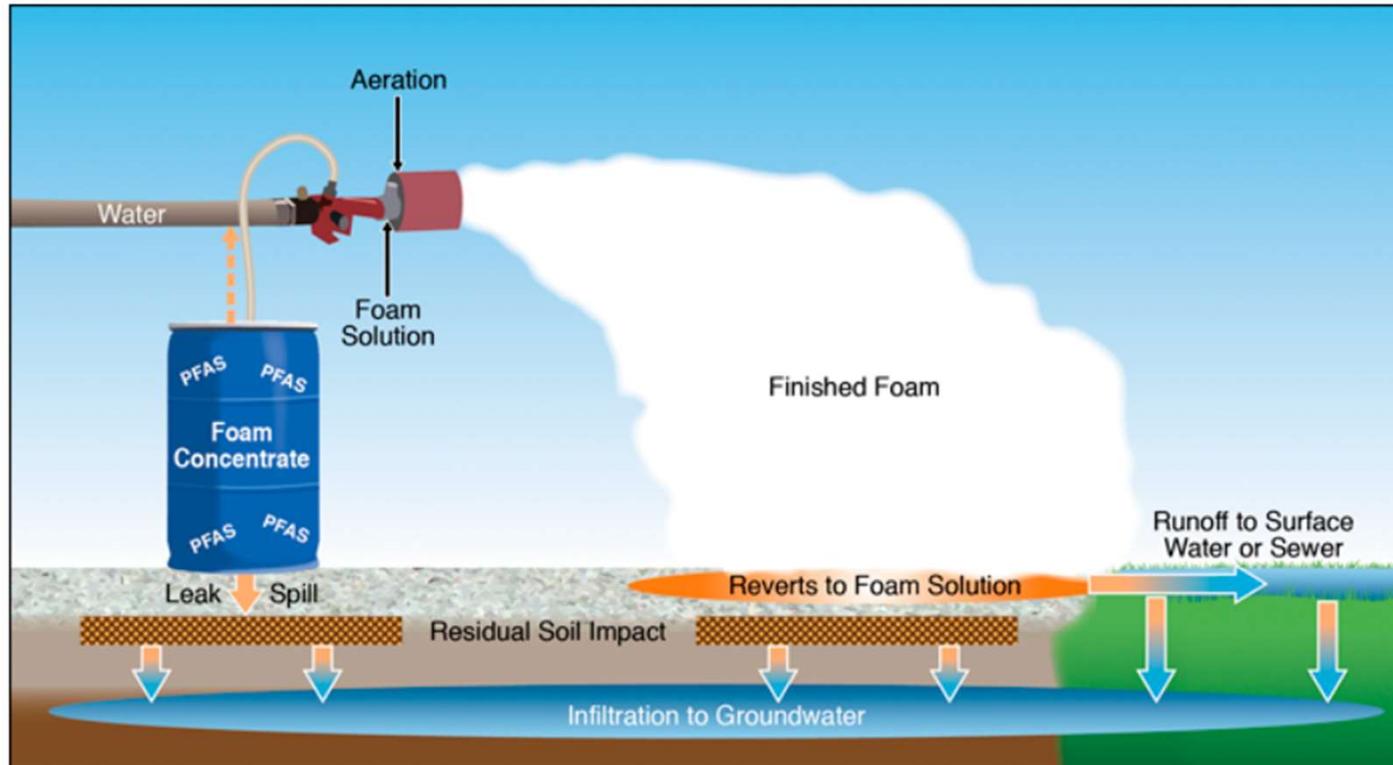
# PFAS SOURCES IN THE ENVIRONMENT



<https://scdhec.gov/sites/default/files/media/image/OR-2435.jpg>

**GROUNDWATER**

# ¿Cómo llegan al ambiente?



**Figure 3-4. Release of firefighting foam.**

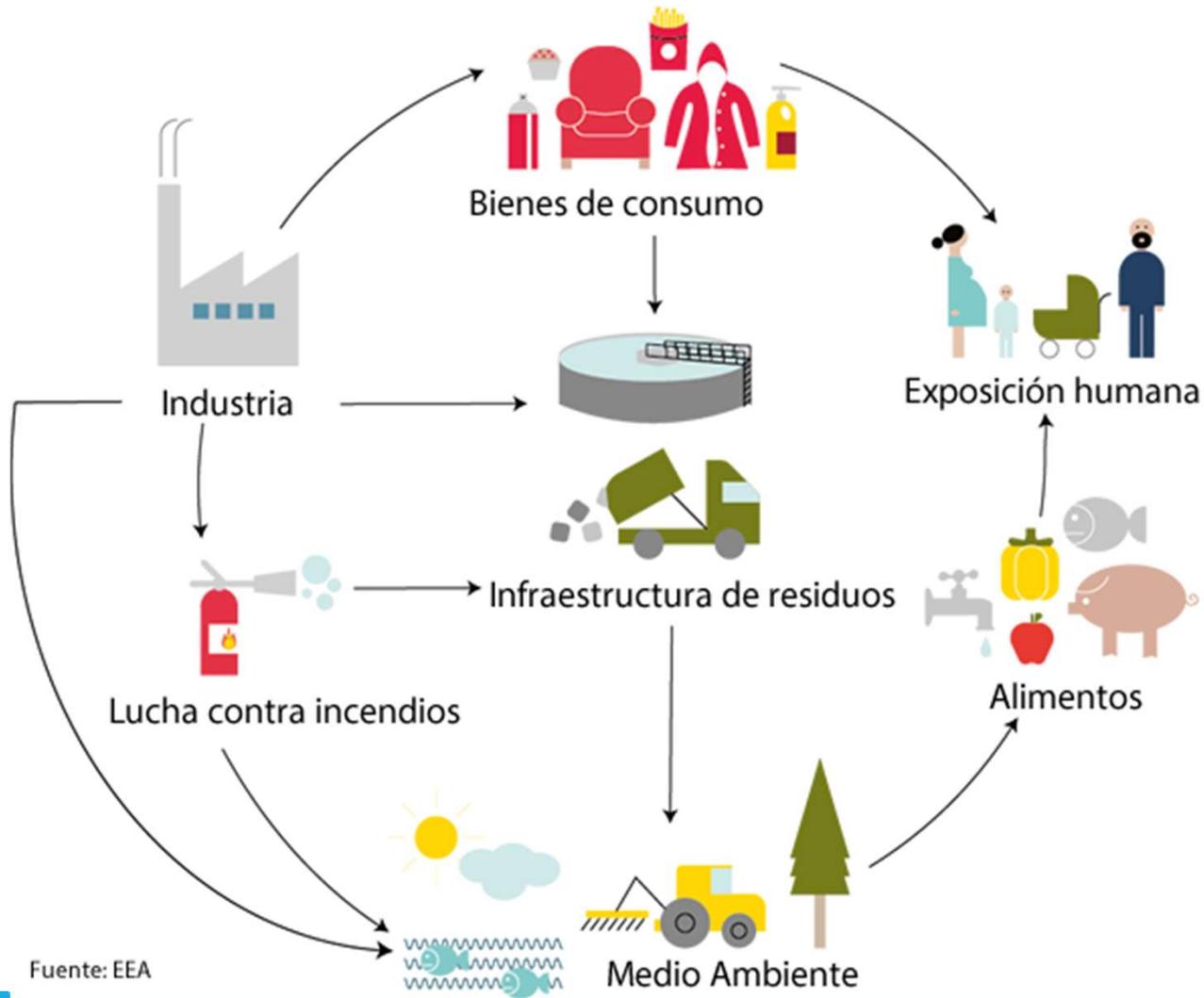
*Source: Adapted from figure by J. Hale, Kleinfelder. Used with permission.*

<https://pfas-1.itrcweb.org/3-firefighting-foams/>

# ¿De qué manera puede haber exposición a los PFAS?

- La exposición puede darse por contacto con el aire, el polvo en el interior de viviendas, o consumo de alimentos y agua contaminados con PFAS o uso de productos elaborados con PFAS.
- Para la mayoría de la gente, los alimentos son la principal fuente de exposición a PFAS tales como PFOA y PFOS.
- Las personas que trabajan donde se fabrican o se usan PFAS pueden estar expuestas a niveles más altos de PFAS que la población general, de acuerdo a su industria, ocupación y actividades laborales:
  - Industria química
  - Instalación de alfombras
  - Bomberos

## Rutas típicas de exposición a PFAS



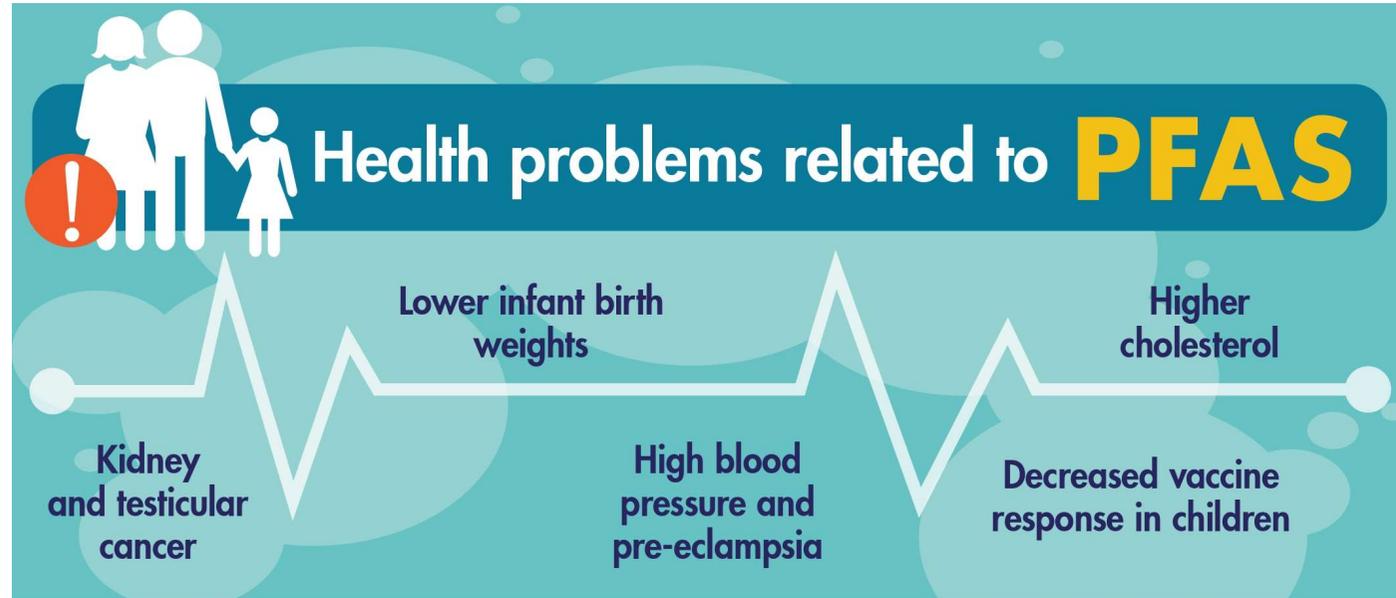
Fuente: EEA

# ¿Cómo pueden ingresar y salir del cuerpo?

- Al respirar aire, ingerir alimentos o tomar agua que los contiene. No hay datos exactos de la cantidad que de PFAS ingresa al cuerpo a través de estas vías.
- Si la piel entra en contacto con polvos, aerosoles o líquidos que contienen PFAS, es posible que una pequeña cantidad entre al cuerpo a través de esta.
- Una vez en el cuerpo, los PFAS tienden a permanecer sin cambiar durante largo tiempo. Los PFAS más usados (PFOA y PFOS) pueden permanecer por varios años en el cuerpo y toma aproximadamente 4 años para que el nivel en el cuerpo disminuya a la mitad, aun cuando se haya suspendido la exposición.
- En general, mientras más corta la cadena de carbono, más rápido abandona el cuerpo, especialmente por vía urinaria.

# RIESGOS A LA SALUD DE LOS PFAS

Principales riesgos de efectos a la salud de las sustancias per y polifluoroalquiladas



**UCSF** Office of Sustainability  
Campus Life Services

**UCSF** Program on Reproductive Health  
and the Environment

**HEAL** HEALTH AND ENVIRONMENT ALLIANCE

**FIGO** International Federation of Gynecology and Obstetrics

[https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2021/05/PFAS-social-media-tiles-v2-FINAL\\_pages-to-jpg-0002.jpg](https://www.env-health.org/wp-content/uploads/2021/05/PFAS-social-media-tiles-v2-FINAL_pages-to-jpg-0002.jpg)

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

- Algunos estudios sugieren que los niveles de colesterol elevados están asociados con niveles elevados de PFOA y PFOS en la sangre de trabajadores que inhalaron PFOA o PFOS y en personas que ingirieron estos compuestos.
- Hay datos que sugieren una 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.



**Liver damage**



**Thyroid disease**



**Cardiovascular disease**



**Chronic kidney disease**

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

- También hay 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 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



**Los efectos dependen de la dosis, la duración de la exposición y la vía de ingreso.**

# MEDIDAS DE INTERVENCIÓN

Estrategias para la reducción de riesgo de exposición y efectos derivados de los PFAS



## CONSIDERACIONES DEL CICLO VIDA PARA AFFF

[https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2020/04/figure\\_3-1xxx.png](https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2020/04/figure_3-1xxx.png)

# ¿Qué acciones se están tomando para reducir el riesgo de exposición?

- Divulgar la información relacionada con su peligrosidad
- Desarrollar un **inventario** para conocer cantidades existentes y definir un plan para su manejo [Existencias en servicio y almacenadas]
- Generar normatividad enfocada a su restricción y eliminación
- Asesorar a las empresas que los usan para **acompañar sustitución** y evitar exposición
- Buscar sustancias alternativas más seguras y sustituir los PFOS



Restriction and  
elimination



Inventory



Assessment



Available techniques  
and practices



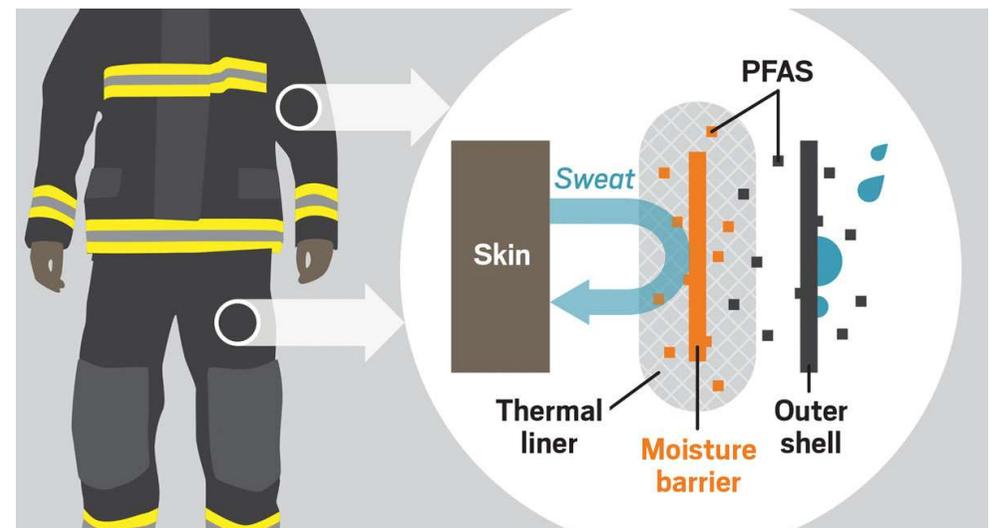
Safer alternatives



Awareness raising

# ¿Qué acciones se están tomando para reducir el riesgo de exposición?

- Buenas prácticas para el manejo de espumas, trajes y elementos que entran en contacto con estos productos
- Sustitución de espumas e implementos que puedan representar riesgo de exposición
- Manipulación con elementos de protección personal indicados



<https://cen.acs.org/content/dam/cen/98/26/WEB/09826-scicon6-graphic.jpg>



<https://www.youtube.com/watch?v=vrxXdVfNLSc>

# Referencias

- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Conociendo los COP. Bogotá D.C. : Minambiente; GEF; PNUD, 2017. 24 p. (Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP ; no. 1) ISBN Obra completa 978-958-8901-47-3
- Disponible en: [https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Cartilla\\_Conociendo\\_los\\_COP\\_2017.pdf](https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Cartilla_Conociendo_los_COP_2017.pdf)
- The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pfas/default.html>
- National Institute of Environmental Health Sciences- Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm>
- Rosenfeld, P. Spaeth, K. Remy, L. Byers, V. Muerth, S. Hallman, R. Summers-Evans, J. Barker, S. Perfluoroalkyl substances exposure in firefighters: Sources and implications Environmental Research 220 (2023) 115164
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2022. *Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26156>
- Interstate Technology and Regulatory Council - **ITRC PFAS Aqueous Film-Forming Foam** [https://www.youtube.com/watch?v=h-g\\_aCyJHAK](https://www.youtube.com/watch?v=h-g_aCyJHAK)
- Interstate Technology and Regulatory Council - Firefigthing foams [https://pfas-1.itrcweb.org/3-firefigthing-foams/#3\\_1](https://pfas-1.itrcweb.org/3-firefigthing-foams/#3_1)



Agradecemos tu Atención!!!!