

## 1 Introducción

Esta ficha proporciona un resumen del descubrimiento y la aplicación de PFAS, el surgimiento de los efectos sobre la salud, la reducción de las PFAS, y los efectos al medio ambiente. Las PFAS son una familia de miles de sustancias químicas que varían en sus propiedades químicas y físicas así como también sus riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. Las propiedades físicas y químicas únicas de las PFAS abarcan la impermeabilidad del aceite, agua, manchas, y suelo, la estabilidad química y térmica, y reductores de la fricción en una amplia gama de productos. Estos productos tienen aplicación en muchas industrias incluyendo las industrias aeroespacial, de semiconductores, médica, automotriz, de construcción, electrónica e industrias de aviación, así como también en los productos de consumo (por ejemplo, alfombras, ropa, muebles, equipo de recreación al aire libre, envasados de la comida), y aplicaciones contraincendios (Compañía 3M 1999a; Buck et al. 2011; KEMI 2015a; USEPA 2017b). Para más información consulte el documento de orientación..

## 2 Descubrimiento y fabricación

La química de las PFAS se descubrió a fines de la década de 1930. Desde la década de 1950, varios productos utilizados comúnmente por los consumidores e industrias han sido fabricados con o de PFAS. Dos procesos importantes, la fluoración electroquímica (ECF por sus siglas en inglés) y la fluorotelomerización, se han utilizado (y se utilizan) para fabricar sustancias de PFAS que contienen cadenas perfluoroalquiladas: polímeros de cadena lateral fluoradas, ácidos perfluoroalquilados y surfactantes polyfluoroalquilados (USEPA 2003b; Benskin, De Silva, and Martin 2010; KEMI 2015b; OECD 2018). La tabla 1 resume los tipos de ácidos perfluoroalquilados (PFAA por sus siglas en inglés) producidos a través de estos procesos. También se han utilizado más de 600 procesos intermedios para seguir produciendo ciertas PFAS y los productos asociados finales.

ITRC ha desarrollado una serie de fichas técnicas que resumen la ciencia reciente y tecnologías emergentes sobre PFAS. La información en esta y otras fichas sobre PFAS se describe en más detalle en el Documento de orientación técnica y regulatoria de ITRC (**Documento de Orientación** (<https://pfas-1.itrcweb.org/>)).

El propósito de esta ficha técnica es de resumir:

- El descubrimiento y desarrollo de las PFAS
- La detección en el medio ambiente
- Las preocupaciones emergentes relacionadas con los efectos de las PFAS en la salud
- Los esfuerzos para reducir el uso, reemplazar o ambos
- Las fuentes de emisiones al medio ambiente potencialmente importantes

**Tabla 1. Procedimientos de fabricación y las PFAA posiblemente producidas**

Proceso de fabricación	Sustancias polifluoradas comúnmente	PFAAs posiblemente producidas
Fluorotelomerización	FTSA <sup>1</sup> , FTCA <sup>2</sup> , &FTOH	PFCA lineales <sup>3</sup>
Fluoración electroquímica	FASE & FASAA	PFCAs y PFSAAs ramificados y lineales

<sup>1</sup>Sulfonato de fluorotelómero: por ejemplo, se puede encontrar en sitios de espuma formadora de película acuosa (AFFF por sus siglas en inglés); <sup>2</sup>Ácidos carboxílicos fluorotelómeros: por ejemplo, el ácido 5.3 se puede encontrar en los lixiviados de los vertederos; <sup>3</sup>En ciertos casos, puede producir una mezcla de carboxilatos perfluoroalquílicos lineales y ramificados.

## 3 Preocupaciones emergentes relacionadas a la salud y el medio ambiente

### La concientización de los impactos a la salud pública

El conocimiento de la presencia de las PFAA se pueden atribuir a los estudios ocupacionales desarrollados en la década de 1970 que detectaron algunas PFAS en la sangre de trabajadores expuestos, y estudios adicionales en la década de 1990 que detectaron las PFAS en la sangre de la población humana en general (Buck et al. 2011). En los últimos años, la presencia de varias PFAA de cadena larga (PFOA, PFOS, PFNA, y PFHxS) se han medido en un rango bajo de partes por billón (ppb por sus siglas en inglés, que es equivalente a nanogramos por mililitro (ng/ml)) en el suero sanguíneo de casi todos los residentes de los Estados Unidos y otras naciones industrializadas (Kato 2015; CDC 2018). Estas PFAS están presentes ya

sea que las personas hayan estado expuestas en el lugar de trabajo o no y esto podrá ser debido al uso generalizado de PFAS en productos de consumo e industrias (Kannan et al. 2004; K arrman et al. 2006; Olsen et al. 2003). Las concentraciones de PFAS (especialmente de PFOS) en la sangre humana han disminuido constantemente desde el año 2000 (ATSDR 2020a) ya que un fabricante importante de los EE.UU. ha voluntariamente aprobado la eliminación gradual de las sustancias químicas de perfluorooctano.

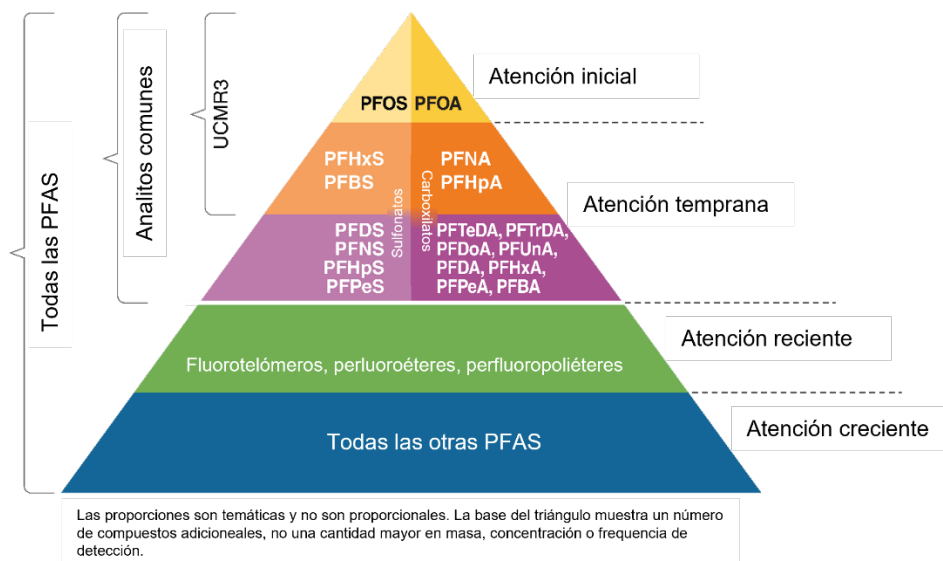
Estudios de laboratorio con animales y estudios epidemiológicos de poblaciones humanas muestran que la exposición a algunas PFAS puede estar asociado con una amplia gama de efectos adversos para la salud humana (USEPA 2016c, d; ASTDR 2018e). Los estudios de toxicidad se analizan con más detalle en la sección 7.1 del documento de orientación. Más recientemente, la toxicología de otras PFAS, como los fluorotelómeros y las PFAA de cadena más corta, así como también los productos químicos de reemplazo de las PFAS (como los productos químicos GenX), han recibido más atención (CONCAWE 2016; USEPA 2016e; USEPA 2018g).

### La concientización y la detección en el medio ambiente

Aunque algunas PFAS se han fabricado desde la década de 1950, las PFAS no estaban ampliamente documentadas en las muestras del medio ambiente hasta los principios de los años 2000 cuando hubo más disponibilidad sobre estudios de PFAS. Desde la década de los años 2000, los métodos han sido, y siguen siendo, desarrollados con límites de detección más bajos en el agua que son proporcionales a los niveles que pueden afectar la salud humana.

Inicialmente, las investigaciones se centraron principalmente en las emisiones grandes de fuentes de fabricación y uso como los sitios donde se us  la espuma contraincendios. Pero desde principios de la década de los años 2000, la presencia de las PFAS en el medio ambiente ha sido un área de investigación muy activa, con la presencia de ciertas PFAS reportadas en una variedad de medios ambientales (Kannan et al. 2004; Yamashita et al. 2005; Higgins et al. 2005; Ranking et al. 2016). Con la disponibilidad de métodos más sensibles, las PFAS (especialmente las PFAA) han sido ampliamente detectadas por todo el mundo. Pruebas desarrolladas a nivel nacional en el 2012 de los suministros de agua potable bajo la regla tercera de monitoreo de contaminantes no regulados (UCMR3 por sus siglas en inglés) resultó en aumentar la atención en cuarto PFAA (PFHpA, PFNA, PFBS, PFHxS) adicionales. El muestreo de UCMR3 detectó PFAS en el 4% de los suministros de agua potable a través del país.

En el 2016, la USEPA emitió un aviso de salud de por vida (LHA por sus siglas en inglés) para dos de las PFAA más detectadas, PFOA y PFOS. El LHA se colocó a 70 nanogramos por litro (ng/L, que es equivalente a partes por trillón [ppt]) en agua potable y se aplica a PFOS y PFOA individualmente o en combinación (USEPA 2016c, d). Desde el UCMR3 y el LHA, otras sustancias polifluoroalquiladas est n recibiendo más atención y muchas agencias reguladoras estatales ahora solicitan o exigen pruebas para una lista ampliada de PFAA de cadena larga y corta, y algunas PFAA precursores, como los fluorotelómeros, como ilustrado en la figura 1.



**Figura 1. La concientización emergente y énfasis en la presencia de las PFAS en el medio ambiente.**

*Fuente: J. Hale, Kleinfelder. Usado con permiso*

### Eliminación gradual de PFAS de cadena larga

Se ha reducido la fabricación y el uso de ciertas PFAA de cadena larga debido a las preocupaciones sobre sus posibles impactos a la salud y el medio ambiente. Las PFAA de cadena larga incluyen PFCA con ocho o más carbonos totalmente fluoradas (por ejemplo, PFOA) y sulfonatos de perfluoroalcanos (PFSA) con seis o más carbonos totalmente fluorados (por ejemplo, PFHxS y PFOS), sus sales y las PFAS precursoras capaces de formar PFAA de cadena larga (Buck et al. 2011; OECD 2013; Wang, Cousins, et al. 2015).

- En mayo del 2000, 3M, el fabricante principal en el mundo y el único fabricante de PFOS en los EE.UU., anunció una eliminación gradual voluntaria de las sustancias químicas de perfluorooctano, que incluían PFOS, PFHxS, PFOA, y PFAS precursoras relacionadas (USEPA 2003b; USEPA 2017e; Compañía 3M 2017).
- Desde el año 2002, la USEPA ha emitido varias Reglas de Uso Nuevo Significativo (SNUR por sus siglas en inglés) bajo el Acto de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA por sus siglas en inglés) para requerir la notificación a la USEPA antes de cualquier fabricación, uso, y/o importación de ciertas PFAS relacionadas químicamente (USEPA 2020c).
- En enero del 2006, la USEPA inició el Programa de Administración del PFOA (USEPA 2006b) en el que las ocho empresas de fabricación principales se comprometieron a reducir PFOA, otras PFCAs de cadena larga, y las PFAS precursoras relacionadas (USEPA 2017e).
- El Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (POP por sus siglas en inglés) es un acuerdo de las Naciones Unidas que fue firmado en el año 2001 que tiene como objetivo reducir o eliminar la producción, el uso, y la emisión de POPs claves (KEMI 2004, 2015b; USEPA 2017j). Desde entonces, el Convenio de Estocolmo ha sido enmendado para incluir PFOS, PFOA, y descontinuar usos previamente permitidos.
- Las PFAS se fabrican por todo el mundo, y el aumento en la producción internacional de PFAS ha compensado potencialmente la reducción anticipada con la eliminación gradual en EE.UU. (OCDE 2015b). Además, los esfuerzos de eliminación gradual no impiden la importación de materiales que contienen PFAS a EE.UU. Detalles adicionales relacionados con la eliminación gradual de ciertas sustancias químicas de PFAS se pueden encontrar en la sección 2 del documento de orientación.

### Química de reemplazo

Las PFAS se utilizan en varias aplicaciones industriales y de consumo. Por ejemplo:

- Las PFAS se producen en instalaciones de fabricación primarias y se utilizan en procesos de fabricación en instalaciones secundarias.
- Los productos industriales incluyendo las AFFF.
- Los productos de consumo incluyen materiales resistentes al agua y las manchas, envoltorios de comida rápida, y productos de venta al menudeo.

Mientras que aumenta el muestreo del medio ambiente para PFAS puede ser posible que se identifiquen fuentes adicionales.

Las PFAS han sido y siguen siendo ampliamente utilizadas, pero no todos los tipos y usos de PFAS resultan en el mismo nivel de exposición e impacto ambiental. Cuando tomando en cuenta los impactos potenciales de las PFAS al medio ambiente, es crucial ser lo más específico posible no solo sobre las PFAS involucradas en particular, sino también donde y como se emiten al medio ambiente. La figura 2 ilustra un ciclo de vida conceptual de PFAS.

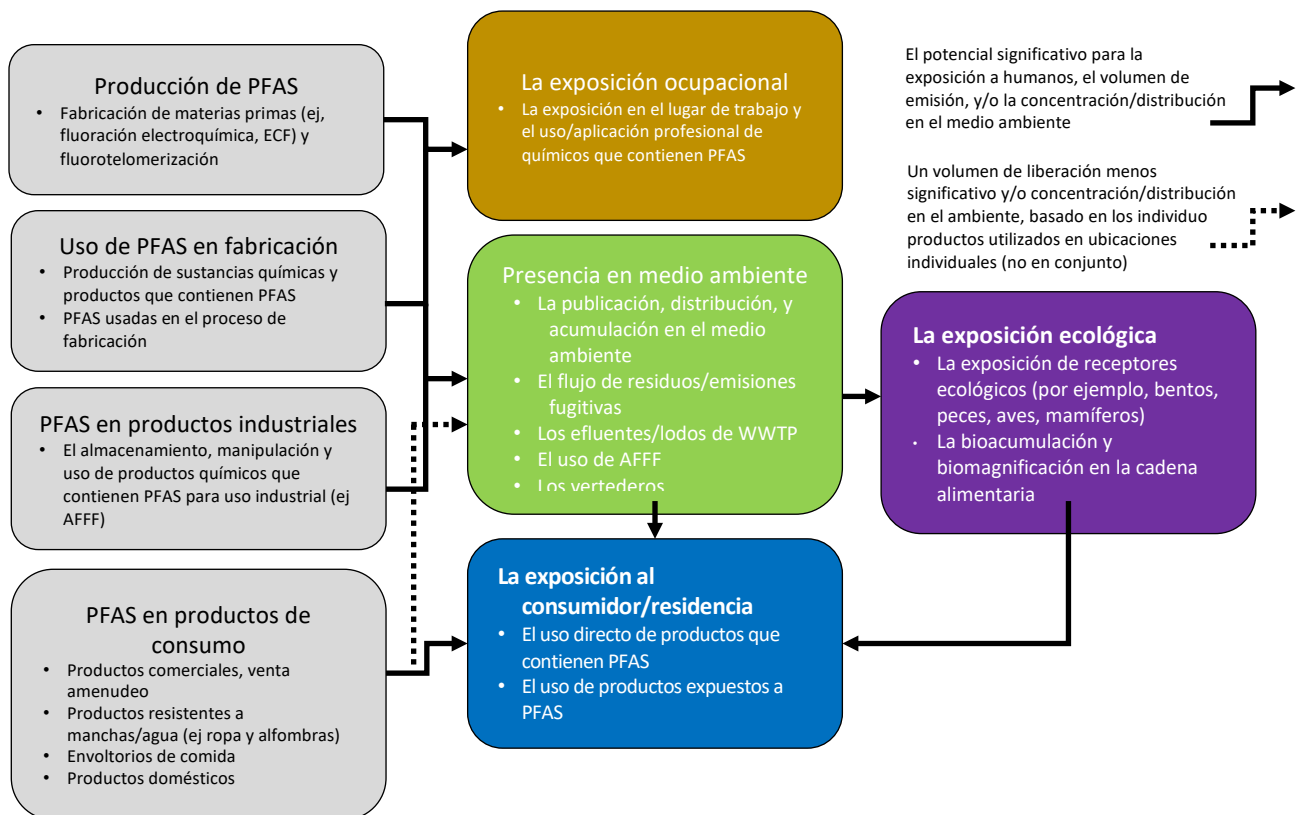
## 4 Emisiones de PFAS al medio ambiente

Las PFAS se usan en muchas aplicaciones industriales y para el consumidor. Por ejemplo:

- PFAS se producen en fábricas manufactureras (fuente primaria) y se usan en procesos de manufactura (fuentes secundarias).
- Productos industriales que contienen AFFF.
- Productos de consumo como materiales repelentes de manchas y agua, envoltorios de comida, productos de venta directa al consumidor.

Es posible que otras fuentes emerjan debido al aumento en el monitoreo ambiental de PFAS

Las PFAS se han usado y continúan usándose extensamente, pero no todos los tipos y usos de PFAS resultan en el mismo nivel de impacto ambiental y exposición. Cuando se consideren los impactos ambientales de las PFAS, es crucial que se sea lo más específico posible no solamente sobre la(s) especie(s) de PFAS en particular involucradas, pero también dónde y cómo se han emitido al medio ambiente. La figura 2 muestra un mapa conceptual del ciclo de vida de las PFAS.



**Figura 2. Usos generalizados de PFAS y exposición relativa e impacto ambiental durante el ciclo de vida de PFAS**

Los mecanismos de liberación en las instalaciones de fabricación primarias y secundarias incluyen emisión y dispersión al aire, derrames, y eliminación de desechos de fabricación y aguas residuales. Los efectos potenciales al aire, suelo, aguas superficiales, aguas pluviales y el agua subterránea están presentes no solo en las áreas de liberación, sino potencialmente en el área circundante (Shin et al. 2011).

## Historia y uso de PFAS en el medio ambiente *continuación*

Las emisiones asociadas con el uso de productos que contienen PFAS pueden estar relacionados con el tratamiento de los desechos, pero el tipo y la concentración de las PFAS varían mucho entre las descargas debido a las variaciones en las corrientes de desechos. Los vertederos y otras áreas de eliminación legadas pueden ser fuentes de PFAS porque son almacenes para desechos industriales contaminados con PFAS, lodos de depuradora de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, y desechos de sitios de mitigación, así como también los desechos de consumidores como los productos tratados con recubrimientos hidrofóbicos resistentes a las manchas (Busch et al. 2010; Eggen, Moeder, y Arukwe 2010). El uso industrial y de consumo de materiales que contienen PFAS incluyendo la eliminación de lixiviados de vertederos y espuma contraincendios, pueden descargar aguas residuales que contienen PFAS a plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales (Lin, Panchangam, y Lo 2009; Ahrens et al. 2009), sistemas sépticos privados u otros sistemas de eliminación de aguas residuales.

Se resumen algunos usos de las PFAS en la tabla 2-4 en el documento de orientación, incluyendo (pero no limitado a):

- La construcción y edificación
- El cable y cableado
- El acabado y revestimiento de metales
- Los surfactantes industriales y la producción de fluoropolímeros
- Los productos de papel y embalaje
- Fotolitografía/industria de semiconductor
- Los textiles, cuero, y prendas de vestir (incluyendo la alfombra y los muebles)

## 5 Referencias y acrónimos

Las referencias citadas en esta ficha y otras referencias se pueden encontrar en <https://pfas-1.itrcweb.org/references/> (en inglés). Los acrónimos usados en esta ficha y en el documento de orientación se pueden encontrar en <https://pfas-1.itrcweb.org/acronyms/> (en inglés).

Traducción a español:

Ivy Torres, MA ([irtorres@uci.edu](mailto:irtorres@uci.edu)) Program in Public Health, University of California, Irvine (UCI)

y Christopher Olivares, PhD ([chris.olivares@uci.edu](mailto:chris.olivares@uci.edu)) Civil & Environmental Engineering, UCI



### Contactos del equipo de sustancias per- y polifluoroalquiladas (PFAS)

**Robert Mueller** • New Jersey Department of Environmental Protection  
609-940-4018 • [Bob.Mueller@dep.nj.gov](mailto:Bob.Mueller@dep.nj.gov)

**Kate Emma Schlosser** • New Hampshire Department of Environmental Services  
603-271-2910 • [KateEmma.Schlosser@des.nh.gov](mailto:KateEmma.Schlosser@des.nh.gov)

August 2020



**ITRC**  
1250 H St. NW, Suite 850  
Washington, DC 20005  
[itrcweb.org](http://itrcweb.org)

