



Peligros de los “Químicos Eternos” en la vida cotidiana

Sandra Luz Ruiz-Quezada. Laboratorio de Biología Molecular. Departamento de Farmacobiología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara; sandra.ruiz@academicos.udg.mx ORCID [0000-0002-3895-5123](https://orcid.org/0000-0002-3895-5123) SCOPUS [6505844585](https://scopus.com/authorid/6505844585)

Adriana Patricia Mendizabal-Ruiz. Laboratorio de Biología Molecular. Departamento de Farmacobiología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara; patricia.mendizabal@academicos.udg.mx ORCID [0000-0001-7553-6350](https://orcid.org/0000-0001-7553-6350) SCOPUS [56664488600](https://scopus.com/authorid/56664488600)

Adelaida Sara Minia Zepeda-Morales. Laboratorio de Análisis Clínicos e Investigación Traslacional, Departamento de Farmacobiología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara; adelaida.zepeda@academicos.udg.mx ORCID [0000-0002-0984-3800](https://orcid.org/0000-0002-0984-3800) SCOPUS [57188824300](https://scopus.com/authorid/57188824300)

Rosa Elena Navarro-Hernández. Departamento de Biología Molecular y Genómica, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara; rosa.navarro@academicos.udg.mx ORCID [0000-0001-5629-2864](https://orcid.org/0000-0001-5629-2864) SCOPUS [230936332000](https://scopus.com/authorid/230936332000)

Laura Ofelia Orozco-Hernández. Laboratorio de Análisis Clínicos e Investigación Traslacional, Departamento de Farmacobiología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara; ofelia.orozco@academicos.udg.mx ORCID [0009-0001-1688-1581](https://orcid.org/0009-0001-1688-1581)

Alejandra Meza-Ríos. Laboratorio de Análisis Clínicos e Investigación Traslacional, Departamento de Farmacobiología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara alejandra.mezarios@academicos.udg.mx ORCID [0000-0002-1322-1684](https://orcid.org/0000-0002-1322-1684) SCOPUS [56242091800](https://scopus.com/authorid/56242091800)

Licenciada Químico Farmacobiólogo y posgrado en Biología Molecular en Medicina, por la Universidad de Guadalajara. Su trabajo se centra en la búsqueda de terapias de prevención y tratamiento para enfermedades hepáticas, obesidad y síndrome metabólico con alternativas como la terapia celular, terapia génica y el uso de alimentos de origen mexicano. Entre sus intereses se encuentran los nutraceuticos, prebióticos, probióticos, modulación de microbiota y exploración de plantas de crecimiento estacional. Actualmente es profesora en el Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Universidad de Guadalajara.

Reflexión rápida

¿Todos los químicos sintetizados por el hombre serán seguros de utilizar?

Curso de 2 minutos

Dentro de la actividad industrial el humano ha sintetizado distintos químicos con características deseables como antiadherentes, tintes permanentes, repelentes de agua, etc., aspectos que hacen competitivos a los productos en un mundo donde los mercados son muy competidos. Muchos de estos químicos, conocidos informalmente como químicos eternos tienen la particularidad de ser difíciles de degradar y por tanto tienden a acumularse en los lugares en los que se depositan, repositorios entre los que se incluye el cuerpo humano. Estas moléculas extrañas al cuerpo pueden generar daños en distintos órganos y modificar funciones del organismo.

Mini biografía

Roy J. Plunkett (26 de junio de 1910 - 12 de mayo de 1994) químico norteamericano quien desarrolló politetrafluoroetileno (PTFE) mejor conocido como Teflón.

Cite este artículo así:

APA: Ruiz-Quezada, S.* Mendizabal-Ruiz, A. Zepeda-Morales, S. Navarro-Hernández, R. Orozco-Hernández, L. Meza-Ríos, A. (2024). Peligros de los “Químicos Eternos” en la vida cotidiana. *Quimiofilia*, 2024, 3,(2), 17-20

MDPI y JACS: Ruiz-Quezada, S.; Mendizabal-Ruiz, A.; Zepeda-Morales, S.; Navarro-Hernández, R.; Orozco-Hernández, L.; Meza-Ríos, A. *Quimiofilia*, 2024, 3, 2, 17-20

DOI: <https://doi.org/10.56604/qfla2024321720>

Recibido: 13 de mayo 2024. **Aceptado:** 13 de noviembre 2024. **Publicado:** 28 de noviembre de 2024.

www.quimiofilia.com. **ISSN:** 2683-2364. **Registro IMPI:** 2052060 QUIMIOFILIA. **Reserva de derechos al uso exclusivo 2022:** 04-2019-062013201300-203



Resumen

Los químicos eternos son compuestos generados por humanos los cuales tienen la característica de acumularse en el medio ambiente, agua, planta, animales y en humanos. Estos químicos muchas veces son desechados en aguas residuales o a través de vapores, por lo tanto, su propagación a través del agua y del aire genera una biomagnificación de su diseminación. Se conoce que estos químicos generan daños en la salud de los organismos vivos, y se relaciona con patologías como infertilidad, cáncer, daño renal, afecciones respiratorias, etc. El presente artículo presenta un panorama general sobre los químicos eternos, así como propuestas para su erradicación.

Palabras Clave

PFAS, PFOA, PFOS, químicos eternos, tóxicos.

Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación química es un problema mundial, pues estos compuestos liberados al medio ambiente, se encuentran en el aire, agua, suelo, alimentos y seres humanos.¹ La OMS señaló que sólo en el 2016, los productos químicos cobraron 1.6 millones de vidas y que estas pérdidas seguirán en aumento.¹ Estos productos químicos son ampliamente utilizados para varias aplicaciones como: producción de textiles, espuma contra incendios, envases de alimentos, aditivos de papel, productos domésticos antiadherentes, automóviles, alimentos, construcción, electrónica, entre otros.²

¿Qué son los Químicos Eternos?

Las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS, por sus siglas en inglés) son un grupo de sustancias químicas artificiales, fabricadas por el ser humano, que incluyen el ácido perfluorooctáico (PFOA) y el sulfato de perfluorooctano (PFOS), los cuales desde 1940 se han utilizado en varias industrias y aplicaciones alrededor del mundo. Según la Agencia Europea del Medioambiente, existen más de 4700 químicos que se catalogan como químicos eternos.^{1,3} Estos PFAS son persistentes y se

encuentran esparcidas en el medio ambiente debido a su longevidad, usos ilimitados y resistencia a la descomposición, por lo que pueden acumularse en el cuerpo humano, vida silvestre, peces, aire, agua, alimentos y polvo, causando efectos perjudiciales a la salud humana.^{1,2,4} La Agencia Europea de Químicos estima que para el 2053 habrán liberado al ambiente 4.4 millones de toneladas de estos PFAS.⁵ El fuerte enlace entre carbono y flúor, hace que los PFAS sean altamente resistentes a la degradación, al mismo tiempo, esto los hace valiosos industrialmente, especialmente en aplicaciones a altas temperaturas, o altas presiones o en entornos corrosivos.^{6,7}

Impacto sobre la salud

Los PFAS pueden acumularse en los tejidos humanos, incluso se han detectado en la sangre del 98% de los adultos de la población general.^{4,8} Investigaciones indican que pueden causar daño en los sistemas reproductivos, inmunitarios y en el desarrollo, así como en hígado y riñones. También puede causar osteoporosis, alergias, asma, aumento en niveles de colesterol, obesidad, deterioro de la función tiroidea, resistencia a la insulina, diabetes gestacional, hipertensión inducida por el embarazo, alteración neuroendocrina, cáncer,^{1,3,5,6-9} y bajo peso al nacer.⁷

En las últimas décadas, la fertilidad masculina ha ido disminuyendo en todo el mundo, principalmente en países con alta producción de disruptores endocrinos (EDC por sus siglas en inglés). Cabe destacar que los PFAS se han clasificado como EDC, que puede alterar la señalización hormonal normal. Estudios recientes en ratas demostraron que la exposición a PFAS redujo los niveles de testosterona, incrementó los niveles de estradiol y disminuyó la espermiogénesis. Además, los PFAS tienen efecto generacional y se han encontrado en el semen humano, lo que pudiera afectar negativamente la fertilidad masculina, ya que pueden dañar los espermatozoides a través de diferentes vías metabólicas.^{2,4}

Los PFAS pueden afectar parámetros relacionados con la obesidad, incremento en los niveles de colesterol y alteración en los niveles lipídicos, en personas con obesidad. También pueden acumularse en células grasas lo que supone un riesgo para la

1. Celaya Ventolero, A.; Martínez Campos, V. Consumo prevenible de compuestos químicos que atentan contra los derechos humanos. *LATAM Rev. Latinoam. Cienc. Soc. Humanidades* **2024**, *5* (3). DOI: 10.56712/latam.v5i3.2129
2. Oseguera-López, I.; Pérez-Cerezales, S.; Ortiz-Sánchez, P. B.; Mondragon-Payne, O.; Sánchez-Sánchez, R.; Jiménez-Morales, I.; Fierro, R.; González-Márquez, H. Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorohexane Sulfonate (PFHxS) Alters Protein Phosphorylation, Increase ROS Levels and DNA Fragmentation during In Vitro Capacitation of Boar Spermatozoa. *Animals* **2020**, *10* (10), 1934. DOI: 10.3390/ani10101934
3. *What are PFAS and how are they dangerous for my health?* European Environment Agency's home page, s. f. <https://www.eea.europa.eu/en/about/contact-us/faqs/what-are-pfas-and-how-are-they-dangerous-for-my-health> (consultado el 26/09/2024).
4. Maxwell, D.; Oluwayiose, A.; Houle, E.; Roth, K.; Nowak, K.; Sawant, S.; Paskavitz, A.; Liu, W.; Gurdziel, K.; Petriello, M.; et al. Mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) alter sperm methylation and long-term reprogramming of offspring liver and fat transcriptome. *Environ. Int.* **2024**, *186*, 108577. DOI: 10.1016/j.envint.2024.108577.

5. eBioMedicine. Forever chemicals: the persistent effects of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances on human health. *eBioMedicine* **2023**, *95*, 104806. DOI: 10.1016/j.ebiom.2023.104806
6. Biggeri, A.; Stoppa, G.; Facciolo, L.; Fin, G.; Mancini, S.; Manno, V.; Minelli, G.; Zammagni, F.; Zamboni, M.; Catelan, D.; et al. All-cause, cardiovascular disease and cancer mortality in the population of a large Italian area contaminated by perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (1980–2018). *Environ. Health* **2024**, *23* (1). DOI: 10.1186/s12940-024-01074-2.
7. Gaballah, S.; Swank, A.; Sobus, J.; Howey, X.; Schmid, J.; Catron, T.; McCord, J.; Hines, E.; Strynar, M.; Tal, T. Evaluation of Developmental Toxicity, Developmental Neurotoxicity, and Tissue Dose in Zebrafish Exposed to GenX and Other PFAS. *Environ. Health Perspect.* **2020**, *128* (4), 047005. DOI: 10.1289/ehp5843.
8. Conley, J.; Lambright, C.; Evans, N.; Medlock-Kakaley, E.; Dixon, A.; Hill, D.; McCord, J.; Strynar, M.; Ford, J.; Gray, L. Cumulative maternal and neonatal effects of combined exposure to a mixture of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) during pregnancy in the Sprague-Dawley rat. *Environ. Int.* **2022**, *170*, 107631. DOI: 10.1016/j.envint.2022.107631.



disfunción de estas células a largo plazo.^{4,9} Además, la exposición a estos químicos en ratones ha generado hepatomegalia, hígado graso y efectos hepatotóxicos.^{4,10} También se ha encontrado una asociación entre las concentraciones prenatales de PFOA y PFOS con el IMC en niños.⁹

En el 2018, el panel de la EFSA seleccionó cuatro criterios de valoración como posibles efectos críticos del PFOS y/o PFOA: 1) aumento del colesterol total y LDL sérico (factor de riesgo de enfermedad cardiovascular), 2) aumento de los niveles de ALT (indica efectos sobre células hepáticas), 3) reducción del peso al nacer y 4) efectos sobre el sistema inmunitario.¹⁰

Liberación y distribución en el medio ambiente

Estas sustancias químicas están en todas partes: en los productos, en nuestros hogares, en agua potable, incluso cayendo bajo la lluvia.¹ A lo largo del mundo se han detectado PFAS en muestras humanas, agua potable y alimentos, así como en el ambiente, incluidos peces, vida silvestre, aguas superficiales y suelos.^{8,9}

Las industrias que fabrican PFAS, las plantas de tratamiento de aguas residuales y los vertederos de residuos representan importantes fuentes directas de PFAS en las vías fluviales y ecosistemas acuáticos, así como en la deposición atmosférica (Figura 1).^{1,5,10}

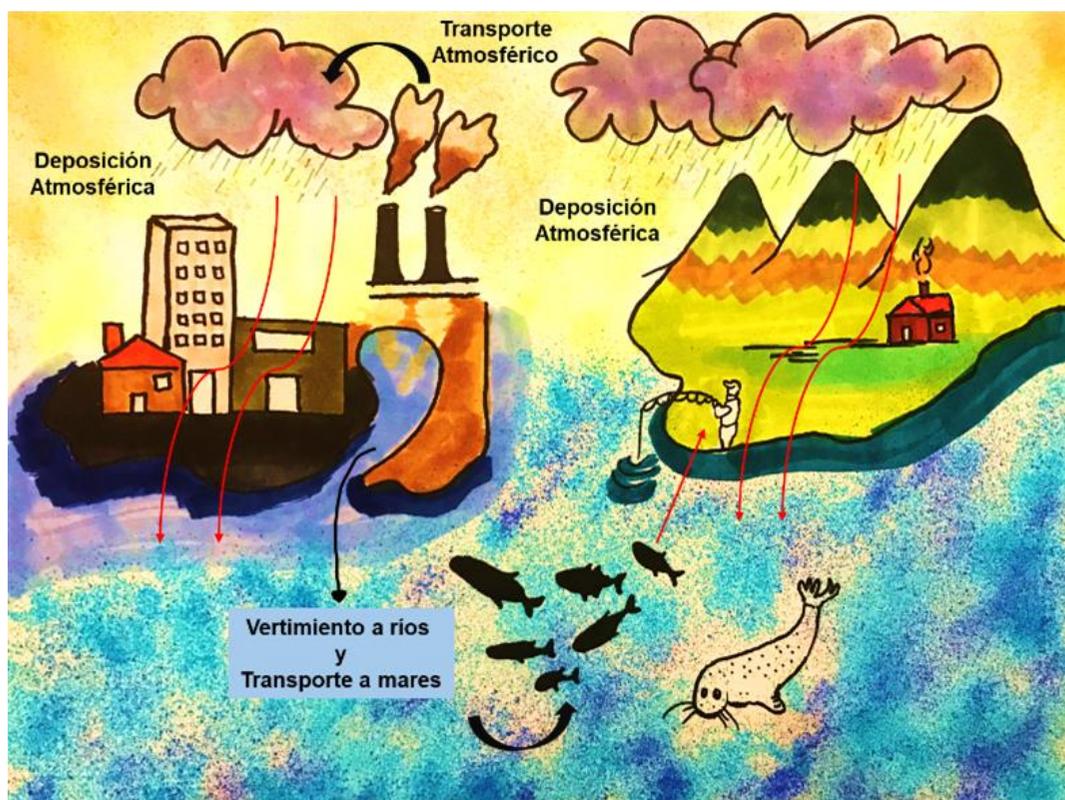


Figura 1. Biomagnificación de la biodistribución de PFAS. Los químicos eternos se distribuyen a lo largo del planeta gracias al ciclo del agua. Las fábricas eliminan PFAS, entre sus desechos, los cuales llegan a la atmósfera y/o al agua. Los PFAS eliminados a la atmósfera viajan a través del aire y son depositados a la tierra a través de la lluvia, en donde contaminan cultivos y animales de consumo humano. Por otro lado, los PFAS desechados en cuerpos de agua llegan a ríos y mares en donde son ingeridos por peces y otros animales que forman parte de la alimentación humana.

9. Frigerio, G.; Ferrari, C. M.; Fustinoni, S. Prenatal and childhood exposure to per-/polyfluoroalkyl substances (PFASs) and its associations with childhood overweight and/or obesity: a systematic review with meta-analyses. *Environ. Health* **2023**, *22* (1). DOI: 10.1186/s12940-023-01006-6

10. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (EFSA CONTAM Panel); Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, Del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C,

Hoogenboom LR, Leblanc JC, Nebbia CS, Nielsen E, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Vleminckx C, Wallace H, Barregård L, Ceccatelli S, Cravedi JP, Halldorsson TI, Haug LS, Johansson N, Knutsen HK, Rose M, Roudot AC, Van Loveren H, Vollmer G, Mackay K, Riolo F, Schwerdtle T. Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA J.* **2020** Sep 17;18(9):e06223. doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223. PMID: 32994824; PMCID: PMC7507523.



Cómo llegan a nuestro cuerpo los químicos eternos

De acuerdo con las Naciones Unidas los alimentos contaminados por bacterias, virus, parásitos, toxinas o productos químicos provocan anualmente la muerte de 420,000 personas y enferman a más de 600 millones, con gastos de 95 millones de dólares anuales.¹

Se han encontrado niveles significativos de PFAS en suero sanguíneo, leche materna y semen de personas ocupacionalmente expuestas y no expuestas, así como en suero y órganos de animales domésticos, de granja y salvajes.²

Existen dos procesos principales que conducen a la contaminación de los alimentos con PFAS: 1) la bioacumulación en las cadenas alimentarias acuáticas y terrestres, y 2) la transferencia desde los materiales de contacto utilizados en el procesamiento y envasado de alimentos (incluidos los revestimientos antiadherentes).¹⁰

Principales fuentes de contacto y contaminación de PFAS:

Alimentos: Para la mayoría de la población la dieta es la principal fuente de exposición a PFAS. Los alimentos con mayor presencia son el pescado y otros mariscos, seguido por los huevos, carne, frutas y sus productos derivados. Muchos PFAS se absorben a través del tracto gastrointestinal, de donde se distribuyen a la sangre y otros órganos, y algunos, se excretan por orina o heces.¹⁰

Productos domésticos: telas repelentes de manchas y agua, productos antiadherentes (como Teflón), compuestos para pulir, ceras, pinturas, productos de limpieza y espumas para combatir incendios.¹

Invasados: materiales que contienen o fueron procesados con equipos que utilizan PFAS, o fueron cultivados en tierra o agua contaminada. Por ejemplo, se detectaron compuestos fluorados en más de la mitad de las cajas de pizza.¹

Industria: Las instalaciones de fabricación son las fuentes más importantes de contaminación, seguidas de las emisiones de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales.⁶

Organismos vivos: estos productos pueden acumularse y persistir en peces, animales y seres humanos, incluso en lugares alejados y poco poblados, como se demostró cuando se encontraron elevadas concentraciones séricas de PFAS en el 86% de la población adulta de un poblado remoto de Groenlandia, que consumían carne de oso polar y carne de foca anillada, colocando a los pobladores en un riesgo grave de inmunodepresión.¹¹

Agua potable: Los PFAS se han encontrado en aguas superficiales, subterráneas y potables.⁶ En diversos países, como Argentina, Bangladesh, Chile,

China, India, México y Estados Unidos de América, se detectaron altos niveles de PFAS en aguas subterráneas, por lo que en el 2012, la EPA incluyó el PFOA y el PFOS entre los contaminantes que se deben monitorear en los sistemas de agua (fabricantes y plantas de tratamiento de aguas residuales).¹

Medio ambiente: La contaminación del suelo y aguas subterráneas son una de las líneas de liberación de estas sustancias al medio ambiente, y esto es sólo el principio de la cadena de contaminación del medio, fauna, flora y del ser humano, lo que resulta preocupante, ya que a medida que la sociedad se expone a estas sustancias, los niveles pueden aumentar hasta llegar a tener efectos perjudiciales para la salud.⁶

Propuestas y Soluciones

Algunas de las formas de evitar la exposición a sustancias químicas son: Elegir textiles y alfombras sin repelencia al agua, ni a manchas; Evitar alimentos con envases a prueba de grasa, como palomitas de maíz para microondas; Elegir productos libres de PFAS, etc.¹

Para dar solución a la contaminación de suelos y aguas subterráneas afectadas por PFAS, se están evaluando y poniendo en práctica diferentes tecnologías innovadoras como: Lavado mixto de suelos; oxidación química in-situ o estabilización in-situ; Reducir la exposición a químicos peligrosos; Mejorar la competitividad y la innovación de la industria para lograr productos químicos seguros y sostenibles; Eliminación de PFAS utilizando sustancias químicas algo inofensivas como el hidróxido de sodio y dimetilsulfóxido, entre otros.¹ Sustituir los PFAS de cadena larga, como el PFOS y el PFOA, por compuestos de cadena más corta, sin embargo, aún se carece de datos adecuados sobre su toxicidad potencial.⁷

Conclusión

Los PFAS o “químicos eternos” (debido a su longevidad y resistencia a la descomposición) son compuestos químicos utilizados para varias aplicaciones industriales, que pueden acumularse en el ambiente y seres vivos, pero son tóxicos y pueden causar graves daños a la salud.

Para limitar su uso se recomienda comparar marcas que garantizan ser libres de PFOA y sustancias relacionadas. De ser posible cocinar con cristal, porcelana o acero inoxidable, evitar utensilios de cocina y textiles (repelentes al agua o grasa) que puedan contener PFAS, y revisar qué otros productos que utilizamos pueden contener estas sustancias para evitarlas.

11. Sonne, C.; Desforges, J.; Gustavson, K.; Bossi, R.; Bonefeld-Jørgensen, E.; Long, M.; Rigét, F.; Dietz, R. Assessment of exposure to perfluorinated industrial substances and risk of immune suppression in Greenland and its global

context: a mixed-methods study. *Lancet Planet. Health* **2023**, 7 (7), n° e570-e579. DOI: 10.1016/s2542-5196(23)00106-7