

Agua apta para el consumo humano y su salud

El agua potable limpia es esencial para una vida sana, pero miles de millones de personas en todo el mundo dependen de agua de calidad poco confiable. Estados Unidos no es inmune a este problema y el agua potable segura sigue siendo una prioridad de salud pública.

El agua potable en los Estados Unidos proviene de una variedad de fuentes, incluyendo sistemas de agua pública, pozos privados y agua embotellada. Aunque existen mecanismos para mantener el agua segura, la contaminación puede ser el resultado de:

- tuberías corroídas que lixivian plomo, cobre u otros productos químicos dañinos;
- vertederos de desechos peligrosos y descargas industriales;
- plaguicidas y fertilizantes agrícolas;
- sustancias químicas peligrosas de origen natural, como el arsénico y el radón;
- aguas residuales y desechos de procesamiento de alimentos;
- contenedores de plástico.

Efectos negativos en la salud

Los contaminantes en el agua potable pueden producir una amplia gama de efectos en la salud, muchos de los cuales pueden ser graves y duraderos, dependiendo del producto químico y del nivel de exposición. Los contaminantes en cuestión incluyen:

Arsénico: un conocido cancerígeno humano asociado con cáncer de piel, pulmón, vejiga, riñón e hígado.¹

Plomo: relacionado con efectos conductuales y de desarrollo en niños, y con problemas cardiovasculares y renales.²

Productos químicos de fracturación hidráulica (fracking): utilizados en la perforación de petróleo, algunos de estos productos químicos se han relacionado con daños al sistema inmunitario³ y a los sistemas reproductivos.⁴

Microplásticos: se pueden ingerir y absorber en el cuerpo, acumulándose en los órganos y el cerebro, y se han relacionado con una inmunidad⁵ y fertilidad⁶ reducidas, además de otros problemas de salud.

Pesticidas: han sido vinculados durante mucho tiempo con los efectos del neurodesarrollo y la enfermedad de Parkinson.⁷



Sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS, por sus siglas en inglés): estos productos químicos manufacturados que perduran en el medio ambiente y se acumulan en los organismos vivos, se han relacionado con inmunidad suprimida⁸, problemas reproductivos,⁹ cáncer de riñón y testículo, y otros problemas.¹⁰

Contaminantes de preocupación emergente: se encuentran en el agua pero no están cubiertos por las regulaciones sobre agua potable.

Estas sustancias, que van desde partículas de escorrentía urbana hasta productos farmacéuticos, representan una amenaza incierta para el medio ambiente y la salud humana y requieren investigación adicional.¹¹

Beneficios y preocupaciones

La presencia de sustancias químicas puede ser un problema complejo, ya que algunas se añaden al agua potable por sus beneficios para la salud, pero estas mismas sustancias pueden producir consecuencias negativas cuando están presentes en una concentración demasiado alta o en combinación con otras sustancias.

Fluoruro: el Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos (USPHS, por sus siglas en inglés) recomienda 0.7 miligramos (mg) de fluoruro por litro (L) de agua para ayudar a combatir la caries dental. Muchas localidades y estados exigen la fluoración del agua potable pública.¹²

Sin embargo, la fluoración del agua también ha suscitado preocupación. El Programa Nacional de Toxicología (NTP, por sus siglas en inglés), un programa interinstitucional ubicado en el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental (NIEHS, por sus siglas en inglés), descubrió que la exposición al fluoruro a 1.5 mg/L o más (el doble del nivel recomendado por el USPHS para el agua), puede estar relacionada con un coeficiente intelectual más bajo en los niños.¹³

Cloro: aunque se utiliza para matar gérmenes en el agua potable, el cloro también puede unirse a la materia orgánica en el agua, creando subproductos de desinfección. Si bien estos subproductos se han relacionado con el cáncer de vejiga y los defectos congénitos, generalmente se entiende que los beneficios de la cloración para la salud superan los riesgos, y se han implementado normas y prácticas para reducir los subproductos de desinfección en el agua potable.¹⁴

Diferentes exposiciones y efectos

Aunque un agua potable limpia es de interés general, la exposición individual a sustancias y productos químicos varía. Quienes dependen de los sistemas municipales tienen muchas más probabilidades de consumir agua tratada con cloro y fluoruro, en tanto que los usuarios de agua de pozo cuentan con una mayor probabilidad de exposición al arsénico y los pesticidas.

Las investigaciones también han demostrado que los residentes de zonas socioeconómicamente desfavorecidas y las comunidades de color enfrentan con mayor frecuencia problemas con agua de mala calidad y contaminada, lo que también los pone en mayor riesgo de sufrir efectos en la salud.¹⁵



El papel del NIEHS

El Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental busca comprender y abordar las preocupaciones de salud pública asociadas con el agua potable. Su personal realiza investigaciones internas y sirve en grupos de trabajo federales para comprender mejor los contaminantes emergentes y las PFAS en el agua. Las subvenciones urgentes del NIEHS permiten a investigadores externos realizar tanto estudios oportunos de desastres naturales como incidentes causados por el hombre y amenazas emergentes para la salud pública ambiental.

Los proyectos recientes apoyados por NIEHS han:

- medido los niveles de exposición de residentes del condado de New Hanover, Carolina del Norte y Colorado Springs, Colorado, que viven cerca de fuentes de agua contaminadas por las PFAS;¹⁶
- coordinado esfuerzos de investigación y proporcionado información científica sobre las pruebas de plomo en el agua potable para los residentes de Flint, Michigan;
- estudiado la contaminación del agua subterránea y el efecto en la salud pública del descarrilamiento del tren de 2023 y el derrame químico en East Palestine, Ohio;¹⁷
- documentado que los nanoplásticos altamente absorbibles se pueden encontrar en el agua embotellada en concentraciones mucho más altas de lo que se sospechaba anteriormente;¹⁸
- indicado que sucesos como huracanes pueden contribuir a niveles elevados de contaminación por pesticidas en el agua potable;¹⁹
- encontrado una presencia generalizada de metales pesados, productos farmacéuticos, subproductos de desinfección y otros contaminantes en las fuentes privadas y públicas de agua de la llave de 11 estados.²⁰

Soluciones en marcha

Además de documentar las causas y los peligros de la contaminación del agua, el NIEHS busca maneras de aliviar las preocupaciones y garantizar agua potable segura para todos. El Programa de Investigación del Superfondo (SRP, por sus siglas en inglés) financia en las principales universidades centros de investigación que además de estudiar los peligros potenciales apoyan los esfuerzos para aumentar la conciencia y reducir la contaminación.

Efecto: aunque los gobiernos estatales y locales suelen establecer estándares y monitorear los abastecimientos públicos del agua, la investigación financiada por el NIEHS ha documentado los esfuerzos para mejorar la calidad del agua.

- Científicos del Dartmouth College examinaron fuentes de arsénico en el agua potable de Nuevo Hampshire, dando pie a una ley estatal que redujo los límites permitidos.²¹
- El Centro de Investigación del Superfondo de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill presionó para lograr que la Comisión de Bienes Raíces del estado incluyera información sobre la calidad del agua de pozo en los formularios de divulgación vinculados con la venta de casas.²²



Alcance: los esfuerzos financiados por el NIEHS ayudan a cerrar la brecha entre los investigadores y las comunidades, incluidas las comunidades subrepresentadas más afectadas por los problemas del agua potable.

- Investigadores de la Universidad de California, Berkeley, utilizaron fondos del SRP para desarrollar una herramienta interactiva de agua potable por internet, disponible en inglés y en español que documenta la calidad del agua en comunidades desfavorecidas de California.²³
- En el norte de Maine, investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts trabajaron coordinadamente con comunidades y grupos tribales para mejorar la comprensión de los proyectos de muestreo del agua y la participación en ellos.²⁴
- En trabajo conjunto, la Universidad de Kentucky y las comunidades de la región de los Apalaches del estado busca mejorar la comunicación y promover la reducción del uso de subproductos de desinfección en el agua potable.²⁵



Innovación: la financiación del SRP del NIEHS ha apoyado una amplia gama de experimentos sobre formas eficaces para eliminar los contaminantes del agua.

- Investigadores de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill están desarrollando un dispositivo de filtración para eliminar el arsénico y otras sustancias químicas del agua de pozo, innovación que promete beneficiar hasta a tres millones de residentes del estado.²⁶
- Científicos de la Universidad de Texas A&M y la Universidad de Connecticut han desarrollado estrategias para poner un freno a las PFAS en el suelo y evitar su propagación en el abastecimiento del agua.²⁷
- Investigadores de la Universidad de Iowa han ideado un método para limpiar los bifenilos policlorados (PCB) dañinos del ecosistema acuático, utilizando biochar, que es un material hecho de bacterias y cenizas de grano de maíz.²⁸

El financiamiento del NIEHS se extiende más allá de la investigación académica, y el instituto también otorga transferencias de innovación de investigación y tecnología a las pequeñas empresas para apoyar la tecnología comercial y reducir los peligros del agua contaminada. Los logros del programa incluyen:

Sensores ANDalyze, para detectar metales pesados como el cadmio, el cobre y el uranio en los suministros de agua. <https://seed.nih.gov/portfolio/stories/andalyze>

Kits de prueba y sistemas de filtración de Cyclopure, para ayudar a identificar y eliminar las PFAS del agua potable. https://tools.niehs.nih.gov/srp/news/view.cfm?newsitem_ID=2728

Detectores de NanoAffix, para apoyar la detección en tiempo real, in situ de plomo en el agua de la llave con un formato de documento portátil. https://tools.niehs.nih.gov/srp/news/view.cfm?newsitem_ID=2633

Más información sobre el agua potable

Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos

Guía para el consumo de agua (en inglés)
www.cdc.gov/drinking-water

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés)

Lineamientos para el agua potable (en inglés)
www.epa.gov/dwreginfo

Organización Mundial de la Salud

Agua para consumo humano
www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Tratamiento de las PFAS en el agua potable

Las formas eficaces de eliminar las PFAS del agua incluyen el tratamiento de carbón activado, las resinas de intercambio iónico y la ósmosis inversa. Estas tecnologías se pueden utilizar tanto en instalaciones públicas de tratamiento, como en sistemas de agua en edificios u hogares. Consulte más sobre la EPA en www.epa.gov/pfas.

Para obtener más información sobre el Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental, vaya a <https://www.niehs.nih.gov>.

- ¹ NTP. 2021. Report on Carcinogens, Fifteenth Edition.; Research Triangle Park, NC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. ntp.niehs.nih.gov/sites/default/files/ntp/roc/content/introduction_508.pdf.
- ² Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2020. *Toxicological profile for lead*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- ³ Boule LA, et al. 2018. Developmental exposure to a mixture of 23 chemicals associated with unconventional oil and gas operations alters the immune system of mice. *Toxicol Sci* 163(2): 639-654; doi:10.1093/toxsci/kfy066.
- ⁴ Sapouckey SA, et al. 2018. Prenatal exposure to unconventional oil and gas operation chemical mixtures altered mammary gland development in adult female mice. *Endocrinology* 159(3):1277-1289, 10.1210/en.2017-00866.
- ⁵ Cai B, et al. 2024 Ingestion of polyethylene terephthalate microplastic water contaminants by *Xenopus laevis* tadpoles negatively affects their resistance to ranavirus infection and antiviral immunity. 356 (124340), doi:10.1016/j.envpol.2024.124340.
- ⁶ Hu CJ, et al. 2024 Microplastic presence in dog and human testis and its potential association with sperm count and weights of testis and epididymis, *Toxicol Sci*, 200(2):235-240, doi:10.1093/toxsci/kfae060.
- ⁷ Pesticides (NIEHS). <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pesticides>. (Last accessed August 20, 2024)
- ⁸ NTP. 2016. *Monograph on Immunotoxicity Associated with Exposure to Perfluorooctanoic Acid (PFOA) Or Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)*, Research Triangle Park, NC: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute of Environmental Health Sciences.
- ⁹ Rickard BP, et al. 2022 Per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) and female reproductive outcomes: PFAS elimination, endocrine-mediated effects, and disease. *Toxicology*; 465 (153031) doi:10.1016/j.tox.2021.153031.
- ¹⁰ Steenland K, et al. 2021. PFAS and cancer, a scoping review of the epidemiologic evidence. *Environ. Res*; doi:10.1016/j.envres.2020.110690.
- ¹¹ EPA. Contaminants of Emerging Concern including Pharmaceuticals and Personal Care Products, www.epa.gov/wqc/contaminants-emerging-concern-including-pharmaceuticals-and-personal-care-products.
- ¹² USPHS. 2015. U.S. Public Health Service Recommendation for Fluoride Concentration in Drinking Water for the Prevention of Dental Caries. *Public Health Reports*. 130(4) doi:10.1177/003335491513000408.
- ¹³ NTP. 2024. *Monograph on the State of the Science Concerning Fluoride Exposure and Neurodevelopment and Cognition: A Systematic Review*, Research Triangle Park, NC: Public Health Service, U.S. Department of Health and Human Services.
- ¹⁴ NIEHS. 2023. *Reducing Exposure to Disinfection Byproducts in Drinking Water* | National Institute of Environmental Health Sciences (niehs.gov).
- ¹⁵ Pace C, et al. 2022. Inequities in drinking water quality among domestic well communities and community water systems, California, 2011–2019, *Am J Public Health*, 112(1) doi:10.2105/AJPH.2021.306561.
- ¹⁶ Wallis DJ, et al. 2023 Source apportionment of serum PFASs in two highly exposed communities. *Sci. Total Environ*. 855 (158842), doi:10.1016/j.scitotenv.2022.158842.
- ¹⁷ Mackar R. 2024. Responding to the East Palestine, Ohio, train derailment. *Environmental Factor*. factor.niehs.nih.gov/2024/3/feature/1-feature-train-derailment-research.
- ¹⁸ Qian N, et al. 2024 Rapid single-particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy. *Proc Natl Acad Sci U S A*, doi:10.1073/pnas.2300582121. Epub 2024 Jan 8.
- ¹⁹ Lin Y, et al. 2024, Long-term impact of Hurricane Maria on point-of-use drinking water quality in Puerto Rico and associated potential adverse health effects, 265(122213), doi:10.1016/j.watres.2024.122213.
- ²⁰ Bradley PM, et al. 2018. Reconnaissance of mixed organic and inorganic chemicals in private and public supply tapwaters at selected residential and workplace sites in the United States. *Environ Sci Technol*. 52(23):13972-13985, 10.1021/acs.est.8b04622.
- ²¹ Dartmouth SRP Center Informs Protective Limit for Arsenic in Water (NIEHS). <https://www.niehs.nih.gov/research/supported/centers/srp/phi/archives/publicpolicy/dartmouth>. (Last accessed August 21, 2024)
- ²² Cannon L. 2024, Well water test history must now be shared with home buyers. *Environmental Factor*. <https://factor.niehs.nih.gov/2024/7/feature/1-feature-well-water-test>.
- ²³ University of California, Berkeley, Superfund Research Program Community Engagement Core. www.tools.niehs.nih.gov/srp/programs/Program_detail.cfm?Project_ID=P42ES0047055065. (Last accessed August 21, 2024)
- ²⁴ Segev T, et al. 2021. A case study in participatory science with mutual capacity building between university and tribal researchers to investigate drinking water quality in rural Maine. *Environ Res* 192:110460.
- ²⁵ A University-community Partnership to Reduce Exposure to Disinfection By-products in Appalachia, www.niehs.nih.gov/research/supported/translational/rta/cfg/app, (Last accessed Sept 3, 2024)
- ²⁶ Novel Filtration Devices for Arsenic Reduction (NIEHS). www.tools.niehs.nih.gov/srp/programs/Program_detail.cfm?Project_ID=P42ES0310075716. (Last accessed Sept 3, 2024)
- ²⁷ Wang M, et al. 2024. *In vitro* and *in vivo* remediation of per- and polyfluoroalkyl substances by processed and amended clays and activated carbon in soil. *Appl Soil Ecol* 196 (105285), doi:10.1016/j.apsoil.2024.105285.
- ²⁸ Dong Q, et al. 2024. Black carbon impacts on *Paraburkholderia xenovorans* strain LB400 cell enrichment and activity: implications toward lower-chlorinated polychlorinated biphenyls biodegradation potential. *Environ Sci Technol* 58(8):3895-907, doi:10.1021/acs.est.3c09183.