



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria, Ciudad de México, México.

ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2026,

Volumen 10, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1

CONTAMINANTES QUÍMICOS COMUNES EN EL AGUA POTABLE Y SUS EFECTOS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

COMMON CHEMICAL CONTAMINANTS IN DRINKING
WATER AND THEIR EFFECTS: LITERATURE REVIEW

Heraldo Manuel Betancourt Romero

Investigador independiente

Víctor Hugo González Carrasco

Universidad Técnica de Machala

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i1.22387

Contaminantes químicos comunes en el agua potable y sus efectos: Revisión Bibliográfica

Heraldo Manuel Betancourt Romero¹

heraldbetan@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8407-0222>

Investigador independiente
Machala-Ecuador

Víctor Hugo González Carrasco

vgonzalez@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9127-0342>

Universidad Técnica de Machala
Machala-Ecuador

RESUMEN

La contaminación química del agua potable representa un desafío prioritario para la salud pública, el bienestar humano y el desarrollo sostenible a nivel global. A pesar de los avances en los sistemas de captación, tratamiento y distribución, una proporción significativa de la población continúa expuesta a agua de consumo contaminada químicamente, especialmente en regiones con limitaciones en infraestructura, monitoreo y regulación. En este contexto, la actual investigación se refiere a una revisión de la literatura, cuyo propósito es resumir y examinar información científica reciente acerca de los principales contaminantes químicos que se encuentran en el agua potable, sus orígenes, riesgos para la salud y las dificultades relacionadas con su manejo. Los contaminantes químicos en el agua destinada al consumo humano pueden provenir de fuentes naturales, como la disolución de minerales en formaciones geológicas, o de fuentes humanas, relacionadas con actividades agrícolas, industriales y mineras, así como con la incorrecta gestión de residuos. Los nitritos y nitratos, los metales pesados como el mercurio, el plomo, el cadmio y el arsénico, los contaminantes emergentes, los agroquímicos, los compuestos orgánicos persistentes y fluoruro son algunos de los contaminantes más importantes. Se ha asociado la exposición a estos contaminantes, incluso en niveles reducidos, con consecuencias negativas importantes para la salud, que incluyen trastornos endocrinos, metabólicos, reproductivos y neurológicos, así como un aumento del riesgo de padecer cáncer y enfermedades crónicas. Finalmente, la revisión resalta la importancia de los valores guía establecidos por la OMS, así como la necesidad de fortalecer el monitoreo continuo, la regulación y la aplicación de tecnologías de tratamiento adaptadas a cada contaminante, con el fin de proteger la salud pública y garantizar el acceso a agua potable segura.

Palabras claves: agua potable, contaminantes emergentes, metales pesados, enfermedades crónicas

¹ Autor principal

Correspondencia: heraldbetan@gmail.com

Common chemical contaminants in drinking water and their effects: Literature review

ABSTRACT

Chemical contamination of drinking water represents a major challenge to public health, human well-being, and sustainable development globally. Despite advances in water collection, treatment, and distribution systems, a significant proportion of the population continues to be exposed to chemically contaminated drinking water, especially in regions with limited infrastructure, monitoring, and regulation. In this context, this research presents a literature review that aims to summarize and examine recent scientific information on the main chemical contaminants found in drinking water, their origins, health risks, and the challenges associated with their management. Chemical contaminants in drinking water can originate from natural sources, such as the dissolution of minerals in geological formations, or from human sources related to agricultural, industrial, and mining activities, as well as improper waste management. Nitrites and nitrates, heavy metals such as mercury, lead, cadmium, and arsenic, emerging contaminants, agrochemicals, persistent organic pollutants, and fluoride are some of the most important contaminants. Exposure to these contaminants, even at low levels, has been associated with significant negative health consequences, including endocrine, metabolic, reproductive, and neurological disorders, as well as an increased risk of cancer and chronic diseases. Finally, the review highlights the importance of the WHO guideline values and the need to strengthen continuous monitoring, regulation, and the application of treatment technologies tailored to each contaminant in order to protect public health and ensure access to safe drinking water.

Keywords: drinking water, emerging contaminants, heavy metals, chronic diseases

*Artículo recibido 02 enero 2026
Aceptado para publicación: 30 enero 2026*



INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua potable segura es un elemento esencial para la salud pública, el bienestar de las personas y el progreso sostenible. La disponibilidad de agua potable no solo disminuye la aparición de enfermedades, sino que también afecta de manera directa el desarrollo social, económico y ambiental de las comunidades. En este sentido, asegurar que el agua destinada al consumo humano sea segura desde el punto de vista químico constituye un desafío fundamental para los sistemas de gestión del agua a nivel global. (OMS, 2023).

Pese a los avances en la tecnología para obtener, purificar y distribuir agua potable, millones de personas aún tienen acceso a fuentes de agua que están contaminadas químicamente, especialmente en áreas con dificultades relacionadas con la infraestructura, el monitoreo y las regulaciones. Este asunto es esencial, ya que muchos contaminantes químicos podrían no ser detectados debido a que no producen cambios en las propiedades visibles, lo cual eleva el peligro de una exposición extendida. (Deziel & Villanueva, 2024).

Los contaminantes químicos en el agua potable pueden provenir de fuentes naturales, como la disolución de minerales de formaciones geológicas, o de fuentes humanas, relacionadas con actividades como la agricultura intensiva, la industria, la minería y la incorrecta gestión de residuos. Entre estos compuestos se encuentran metales pesados, nitratos, pesticidas, compuestos orgánicos que persisten en el medio ambiente y subproductos de desinfección, cuya existencia en el agua potable ha sido ampliamente registrada (Jurczynski et al., 2024).

La exposición crónica a contaminantes químicos, incluso a concentraciones relativamente bajas, se ha vinculado con efectos adversos significativos en la salud, que abarcan desde alteraciones metabólicas y endocrinas hasta enfermedades crónicas y carcinogénicas. En este sentido, la evaluación del riesgo químico y la protección de la salud humana requieren enfoques integrales sustentados en evidencia científica actualizada (Babuji et al., 2023).

De ahí que la administración integral del agua necesite un conocimiento detallado y actualizado acerca de los contaminantes químicos más comunes, sus fuentes, la manera en que se produce la exposición y sus efectos sobre la salud. Esta evaluación busca reunir datos científicos importantes sobre los contaminantes químicos más relevantes que están en el agua potable, a fin de ofrecer una base técnica



que apoye la creación de estrategias para monitorear, controlar y decidir acciones que fomenten la protección de la salud pública. (Jurczynski et al., 2024).

La calidad del agua potable es un aspecto prioritario para la salud pública y el desarrollo sostenible. A pesar de los avances tecnológicos, millones de personas están expuestas a agua contaminada químicamente (Arango et al., 2008). Los contaminantes químicos pueden tener origen natural o antropogénico. La exposición prolongada a estos contaminantes puede ocasionar efectos negativos importantes en la salud. La administración completa del recurso de agua requiere conocimientos científicos actualizados (Shah et al., 2023).

Materiales y Métodos

El presente estudio se caracteriza por un diseño descriptivo, realizado a través de una revisión de literatura científica, con el propósito de reunir, examinar y resumir información significativa sobre los compuestos químicos presentes en el agua potable, sus fuentes, efectos en la salud humana y las tecnologías empleadas para su control y tratamiento. La búsqueda de información se realizó utilizando términos clave relacionados con el tema de estudio, tanto en español como en inglés. Entre los principales descriptores empleados se incluyeron: contaminantes químicos en agua potable, metales pesados, nitratos, pesticidas, subproductos de desinfección, fluoruros, contaminantes emergentes, calidad del agua potable, riesgos para la salud y tecnologías de tratamiento del agua. Los términos se combinaron mediante operadores booleanos (AND, OR) para optimizar la recuperación de información relevante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fuentes y rutas de entrada de los contaminantes químicos

Los compuestos químicos ingresan al agua potable por diversas vías. Los contaminantes químicos que se encuentran en el agua potable pueden llegar a las fuentes de suministro por diversas vías, y su naturaleza y cantidad dependen de factores naturales y de actividades humanas. Estas vías de acceso definen la clase, la concentración y la duración de los contaminantes en el agua potable, afectando de manera directa los riesgos relacionados con la salud humana. (Holt, 2000).

La escorrentía de la agricultura es uno de los factores más importantes que contribuyen a la contaminación. Esta incluye fertilizantes nitrogenados, nitratos, fosfatos y pesticidas que son



transportados a lagos, ríos y aguas subterráneas debido a las prácticas agrícolas intensivas. Estos químicos tienen la capacidad de filtrarse en el agua subterránea o ser transportados por las lluvias, lo que provoca una elevada concentración de contaminantes en las fuentes acuíferas que se emplean para el consumo humano. (Madjar et al., 2024).

Las descargas provenientes de fábricas constituyen una fuente importante de contaminación química en el agua potable. Diferentes procesos en la industria vierten metales pesados como arsénico, cadmio, mercurio y cromo, además de compuestos orgánicos que persisten en el entorno. Estos contaminantes pueden entrar en las aguas, tanto superficiales como subterráneas, si no se lleva a cabo un manejo adecuado de los residuos. Estos contaminantes se caracterizan por su alta toxicidad y su habilidad para resistir la descomposición en el entorno. (Oladimeji et al., 2024).

La infiltración de aguas residuales domésticas, particularmente en áreas con sistemas de saneamiento inadecuados o ausentes, constituye una vía adicional para la incorporación de contaminantes químicos. Las aguas residuales pueden tener detergentes, medicamentos, sustancias orgánicas y otros nuevos contaminantes que, al filtrarse en el suelo, perjudican la calidad de las fuentes de agua empleadas para el consumo humano. (Nishmitha et al., 2025).

De manera similar, la corrosión en las redes de distribución y en las tuberías puede afectar de manera importante la polución química del agua potable. Sustancias como el plomo y el cobre, que se encuentran en conductos viejos o en mal estado, pueden contaminar el agua a causa de la corrosión, particularmente cuando el pH es reducido o hay falta de alcalinidad.. (Ng et al., 2020). En conclusión, estas fuentes y caminos muestran la complejidad de la contaminación química en el agua que consumimos y resaltan la necesidad de llevar a cabo estrategias completas de monitoreo, prevención y control, orientadas a salvaguardar la calidad del agua y la salud de la población. (Jurczynski et al., 2024).

Nitratos y nitritos

Los nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) son contaminantes químicos inorgánicos que comúnmente se encuentran en el agua destinada al consumo humano, especialmente en regiones afectadas por prácticas agrícolas intensivas. Su procedencia está fundamentalmente vinculada al uso excesivo de fertilizantes



ricos en nitrógeno, estiércol y la penetración de aguas residuales, lo que favorece la lixiviación de estos elementos hacia las aguas superficiales y subterráneas.

Aunque los nitratos son relativamente estables en el medioambiente, tienen la capacidad de transformarse en nitritos mediante procesos microbiológicos, lo que eleva su riesgo potencial para la salud. La metahemoglobinemía, especialmente en infantes, así como riesgos de cáncer vinculados a la producción de compuestos N-nitrosos y potenciales alteraciones metabólicas, se han asociado con la exposición continua a niveles altos de nitritos y nitratos. A causa de su elevada solubilidad y permanencia en el agua, estos contaminantes suponen un reto considerable para el manejo de la calidad del agua potable, lo que subraya la importancia del monitoreo constante y de enfoques preventivos orientados a salvaguardar la salud pública (Cabrera Molina et al., 2003).

Metales pesados

Los metales pesados constituyen uno de los grupos de contaminantes químicos de mayor preocupación en el agua de consumo humano, debido a su toxicidad, persistencia ambiental y capacidad de bioacumulación. Dentro de los metales que se hallan frecuentemente en el agua potable se encuentran el arsénico, el plomo, el cadmio, el mercurio y el cromo. Estos metales pueden estar presentes en cantidades mínimas, sin embargo, su exposición a largo plazo puede generar efectos negativos significativos.

Los contaminantes pueden proceder de fuentes naturales, asociadas a la disolución de minerales en formaciones geológicas y en acuíferos, o de fuentes antropogénicas, que están conectadas con actividades como la minería, la industria metalúrgica, la combustión de combustibles fósiles, el uso de pesticidas y la gestión inapropiada de residuos industriales.

La ingesta de agua contaminada, que contiene metales pesados, ha sido asociada con una variedad de efectos adversos en la salud humana. Estos problemas pueden incluir alteraciones en el sistema nervioso, daño renal y hepático, complicaciones cardiovasculares, desequilibrios hormonales y un incremento en la probabilidad de desarrollar cáncer. Metales específicos, como el arsénico y el cadmio, son identificados como sustancias carcinogénicas. Por otra parte, el plomo no tiene un nivel seguro de exposición, lo que enfatiza la necesidad de implementar regulaciones estrictas.



Los metales pesados representan un gran desafío para el control de la calidad del agua potable debido a que son persistentes y difíciles de eliminar por métodos convencionales. Es esencial, en este contexto, implementar programas de monitoreo continuo, optimizar las normativas sobre la calidad del agua y utilizar tecnologías de tratamiento apropiadas que reduzcan su concentración y protejan la salud pública. (Rehman et al., 2018).

Fluoruros

El fluoruro se puede hallar de forma natural en las aguas o se puede incorporar de manera regulada al agua que se consume, como parte de una estrategia de salud pública. En proporciones adecuadas, ayuda considerablemente a prevenir las caries; sin embargo, concentraciones excesivas pueden ocasionar problemas negativos, como la fluorosis dental, que se manifiesta en cambios en el esmalte dental. La fluorosis ósea es un problema más grave, relacionado con la exposición continua a altos niveles de fluoruro, y puede influir en la composición y la fortaleza del tejido óseo. Por lo tanto, es crucial supervisar la cantidad de fluoruro en el agua potable, y las regulaciones internacionales establecen límites máximos para reducir los riesgos asociados. (Aoun et al., 2018).

Subproductos de desinfección

Los productos químicos resultantes de la desinfección del agua potable, conocidos como subproductos de desinfección (SPD), se generan de manera accidental durante los procesos de desinfección. Esto ocurre principalmente cuando desinfectantes como el cloro, cloraminas, dióxido de cloro u ozono interactúan con la materia orgánica natural y otros elementos presentes en el agua cruda. Si bien la desinfección es un proceso fundamental para eliminar microorganismos peligrosos y evitar enfermedades relacionadas con el agua, la presencia de SPD constituye un reto importante para la calidad del agua y la salud pública.

Los derivados más frecuentes que surgen del proceso de desinfección son los trihalometanos (THM) incluyendo cloroformo, bromodíclorometano y dibromoclorometano así como los ácidos haloacéticos (AHA), los cuales han sido ampliamente detectados en los sistemas de abastecimiento de agua potable alrededor del mundo. La concentración y la combinación de estos químicos cambian de acuerdo a diversos factores, como la calidad del agua de origen, el tipo y la cantidad del desinfectante empleado, el tiempo de contacto, la temperatura y el nivel de materia orgánica presente. (Richardson et al., 2007).



La exposición continua a subproductos de desinfección, incluso en concentraciones bajas, se ha vinculado a efectos negativos para la salud, incluyendo problemas hepáticos y renales, efectos en la reproducción y un aumento en el riesgo de ciertos tipos de cáncer, en particular el de vejiga. A causa de su posible toxicidad y duración en el medio ambiente, múltiples sustancias químicas peligrosas han sido catalogadas como potencialmente cancerígenas. Esto ha llevado a establecer límites máximos en las regulaciones nacionales e internacionales relacionadas con la calidad del agua para el consumo humano. Desde la perspectiva de la administración del agua, el manejo de los subproductos producidos en el proceso de desinfección implica hallar un balance entre la eficacia para eliminar microorganismos y reducir al mínimo los riesgos químicos. Se han sugerido acciones como disminuir el número de precursores orgánicos, perfeccionar las técnicas de filtración y coagulación, emplear desinfectantes alternativos y establecer programas de vigilancia continua para lograr esta meta. Estas acciones facilitan la disminución de la creación de SPD sin poner en riesgo la seguridad microbiológica del agua, lo que ayuda a la protección total de la salud pública. (Villanueva et al., 2004).

Pesticidas y compuestos orgánicos

Los pesticidas y herbicidas son sustancias químicas que se emplean ampliamente en la agricultura actual para manejar plagas, malezas y enfermedades que afectan a los cultivos, con la finalidad de aumentar la producción agrícola. No obstante, su utilización amplia y, en ocasiones, inapropiada, ha facilitado su diseminación en el entorno, posibilitando que estos compuestos lleguen a fuentes de agua superficiales y subterráneas destinadas al consumo humano mediante procesos como la escorrentía agrícola, la lixiviación y la infiltración en el terreno (Carvalho, 2017).

Varios estudios han evidenciado que numerosos pesticidas y herbicidas pueden funcionar como disruptores endocrinos, alterando el sistema hormonal incluso en concentraciones bajas. Esta particularidad genera gran inquietud, pues estar expuesto durante lapsos extensos puede influir en las funciones metabólicas, reproductivas y de crecimiento. Esto eleva la susceptibilidad de poblaciones delicadas, como infantes, mujeres gestantes y personas mayores. (Mnif et al., 2011).

Se ha asociado la exposición a pesticidas en el agua potable durante períodos largos con efectos en el sistema nervioso, como trastornos del sistema nervioso central y periférico, problemas de memoria y una mayor posibilidad de padecer enfermedades neurodegenerativas. Estos efectos son, en gran parte,



resultado de la capacidad de ciertos pesticidas para atravesar barreras biológicas y acumularse en los tejidos, lo que genera toxicidad a largo plazo. Estos efectos son, en gran parte, resultado de la capacidad de ciertos pesticidas para atravesar barreras biológicas y acumularse en los tejidos, lo que genera toxicidad a largo plazo.

Debido a su larga duración en el medio ambiente y los posibles peligros para la salud de las personas, la vigilancia constante de pesticidas y herbicidas en el agua potable es una parte fundamental de los programas de aseguramiento de la calidad del agua. Además, se han creado diferentes tecnologías de tratamiento enfocadas en su eliminación efectiva, tales como procesos de adsorción con carbón activado, oxidación avanzada, membranas y tratamientos biológicos, con el objetivo de disminuir su concentración y asegurar la seguridad del agua destinada al consumo humano (Syafrudin et al., 2021).

Contaminantes Emergentes

Un grupo variado de sustancias químicas y biológicas que se encuentran cada vez más en el agua y otros compartimentos medioambientales se conoce como contaminantes emergentes (CEs). Sin embargo, estas no están completamente eliminadas ni reguladas por las tecnologías de tratamiento tradicionales. Este conjunto engloba productos de higiene personal, pesticidas, microplásticos, subproductos industriales y fármacos que van al medio ambiente por medio de escorrentías agrícolas, descargas residuales y urbanas. Su presencia constante y ubicua causa alarma a causa de sus posibles efectos sobre la salud humana y los ecosistemas acuáticos, incluso en concentraciones muy reducidas. Investigaciones recientes indican que los CEs tienen el potencial de bioacumularse en cadenas tróficas y modificar funciones fisiológicas en seres acuáticos, lo cual resalta la importancia de contar con una supervisión ambiental más sólida. (Muhammad et al., 2024).

Los contaminantes emergentes, además de estar muy presentes, suponen un reto para los sistemas actuales de tratamiento del agua, los cuales no están construidos con la capacidad suficiente para eliminar compuestos tan diversos. Las tecnologías de vanguardia, entre las que se incluyen la biorremediación, los procesos de oxidación avanzada y los nanomateriales, han mostrado resultados alentadores; sin embargo, su aplicación aún se ve restringida por la complejidad técnica, el costo y la ausencia de regulaciones específicas. La literatura contemporánea destaca la necesidad de implementar métodos analíticos estandarizados y sensibles para identificar, medir y eliminar estos compuestos,



además de políticas medioambientales que se ocupen de manera proactiva de estas sustancias emergentes (Adondua et al., 2025).

Por último, estudios recientes indican que el problema de los contaminantes emergentes sigue avanzando, ya que se están identificando y evaluando nuevos conjuntos de sustancias en diversos contextos. Esto ha provocado un aumento en la literatura científica que se centra no solo en su presencia y sus efectos, sino también en las tácticas de gestión, el análisis de riesgos y la concordancia con metas globales de sostenibilidad. El saber que se ha producido en los años recientes funciona como cimiento para guiar futuras investigaciones y medidas de mitigación destinadas a salvaguardar la salud pública y los recursos hídricos frente a esta amenaza medioambiental en expansión (Varatharajan et al., 2025).

Tabla 1. Límites permisibles de contaminantes (OMS)

Contaminante	Límite	Unidad	Referencia
Nitratos	50	mg/L	OMS
Plomo	10	μg/L	OMS
Arsénico	10	μg/L	OMS
Fluoruros	1.5	mg/L	OMS
Antimonio	0.02	mg/L	OMS
Benzoapiereno	0.7	ug/L	OMS
Cobre	2000	ug/L	OMS
Níquel	70	ug/L	OMS
Cloruro de Vinilo	0.3	ug/L	OMS

(OMS, 2022)

3.8 Tecnologías de tratamiento del agua potable

El proceso de tratamiento del agua potable se fundamenta en un enfoque de múltiples barreras, en el que cada fase ayuda a disminuir diversos tipos de contaminantes. Ninguna tecnología de manera aislada es capaz de asegurar la potabilidad en relación con contaminantes de tipo físico, químico y microbiológico (Marron et al., 2019).



Clasificación general de las tecnologías

a) Tecnologías convencionales

Diseñadas principalmente para remover turbidez y microorganismos.

b) Tecnologías avanzadas

Orientadas a la eliminación de contaminantes químicos persistentes y emergentes.

- Tecnologías convencionales

1. Captación y pretratamiento

- Rejillas y desarenadores eliminan sólidos gruesos.
- Protegen equipos y reducen desgaste.

2. Coagulación – floculación

Neutraliza cargas eléctricas de partículas coloidales.

- Coagulantes más usados:
- Sulfato de aluminio
- Policloruro de aluminio (PAC)
- Sales férricas
- Afecta directamente la eficiencia de las etapas posteriores.

3. Sedimentación / Decantación

- Reduce hasta 90 % de sólidos suspendidos.
- Puede realizarse en decantadores convencionales o lamelares.

4. Filtración granular. Medios filtrantes:

- Arena
- Antracita
- Grava

Elimina partículas remanentes y protozoos (*Giardia, Cryptosporidium*).

5. Desinfección

-Garantiza la seguridad microbiológica.

-Tecnologías:



- Cloro (residual en red)
- Ozono (potente, sin residual)
- UV (efectivo contra virus y protozoos)

Alta afinidad por:

- Compuestos orgánicos
- Pesticidas

*Limitación: saturación y regeneración del material (Paul et al., 2025).

CONCLUSIÓN

La revisión bibliográfica actual demuestra que la contaminación química del agua potable es un problema complicado y con múltiples causas, que tiene efectos directos en la salud pública y el desarrollo sostenible. La revisión de la literatura científica actual muestra que los contaminantes químicos en el agua potable tienen su origen en fuentes humanas y naturales, siendo las acciones de la industria, minería y agricultura, así como una gestión inadecuada de residuos y el deterioro de los sistemas de distribución, elementos claves.

Algunos de los contaminantes más relevantes detectados incluyen metales pesados, nitratos y nitritos, pesticidas, fluoruro, subproductos de desinfección y contaminantes emergentes. La investigación científica revisada indica que la exposición sostenida, incluso a niveles bajos, puede tener un impacto negativo importante en la salud de las personas, como cambios en los sistemas hormonal, metabólico y nervioso,, dificultades reproductivas, y un aumento en la probabilidad de desarrollar enfermedades crónicas y cáncer.

Se determina, además, que el tratamiento del agua potable debe adoptar un enfoque de múltiples barreras, que combine tecnologías avanzadas y tradicionales, ya que no se puede confiar solamente en una única tecnología para asegurar la eliminación total de cada uno de los contaminantes microbiológicos, físicos y químicos. Es crucial que, en este marco, la elección y combinación de las tecnologías de tratamiento se adapten a las características particulares de los contaminantes presentes. En última instancia, este estudio destaca la importancia de los valores orientadores determinados por la Organización Mundial de la Salud como un marco para proteger la salud. Además, enfatiza la



importancia de optimizar los sistemas de monitoreo constante, la regulación, la administración total de los recursos hídricos y el estudio acerca de nuevos contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adondua, M., Adewale, A., & Abimbola, M. (2025). *Emerging Contaminants in Water and Wastewater: A Review of Sources, Fate, and Removal Technologies*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/399776225_Emerging_Contaminants_in_Water_and_Wastewater_A_Review_of_Sources_Fate_and_Removal_Technologies
- Aoun, A., Darwiche, F., Al Hayek, S., & Doumit, J. (2018). The Fluoride Debate: The Pros and Cons of Fluoridation. *Preventive Nutrition and Food Science*, 23(3), 171-180.
<https://doi.org/10.3746/pnf.2018.23.3.171>
- Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., & Monsalve, A. de J. (2008). Calidad del agua de las quebradas la cristalina y la risaralda, san luis, antioquia. *Revista EIA*, (9), 121-141.
- Babuji, P., Thirumalaisamy, S., Duraisamy, K., & Periyasamy, G. (2023). Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review. *Water*, 15(14), 2532.
<https://doi.org/10.3390/w15142532>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruiz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de la Sociedad Química de México*, 47(1), 88-92.
- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48-60. <https://doi.org/10.1002/fes3.108>
- Deziel, N. C., & Villanueva, C. M. (2024). Assessing exposure and health consequences of chemicals in drinking water in the 21st Century. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 34(1), 1-2.
- Holt, M. S. (2000). Sources of chemical contaminants and routes into the freshwater environment. *Food and Chemical Toxicology*, 38, S21-S27. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(99\)00136-2](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(99)00136-2)
- Jurczynski, Y., Passos, R., & Campos, L. C. (2024a). A Review of the Most Concerning Chemical Contaminants in Drinking Water for Human Health. *Sustainability*, 16(16), 7107.
<https://doi.org/10.3390/su16167107>



- Madjar, R. M., Vasile Scăeteanu, G., & Sandu, M. A. (2024). Nutrient Water Pollution from Unsustainable Patterns of Agricultural Systems, Effects and Measures of Integrated Farming. *Water*, 16(21), 3146. <https://doi.org/10.3390/w16213146>
- Marron, E. L., Mitch, W. A., von Gunten, U., & Sedlak, D. L. (2019). A Tale of Two Treatments: The Multiple Barrier Approach to Removing Chemical Contaminants During Potable Water Reuse. *Accounts of chemical research*, 52(3), 615-622. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00612>
- Mnif, W., Hassine, A. I. H., Bouaziz, A., Bartegi, A., Thomas, O., & Roig, B. (2011). Effect of Endocrine Disruptor Pesticides: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(6), 2265-2303. <https://doi.org/10.3390/ijerph8062265>
- Muhammad, M. A., Shafi'i, A. M., Shuaibu, A. M., Alhaji, U. U., Abdullahi, S. R., & Abdurashid, I. (2024). A comprehensive review of emerging contaminants in water sources. *International Journal of Advanced Chemistry*, 12(2), 93-105. <https://doi.org/10.14419/cj1jks32>
- Ng, D.-Q., Lin, J.-K., & Lin, Y.-P. (2020). Lead release in drinking water resulting from galvanic corrosion in three-metal systems consisting of lead, copper and stainless steel. *Journal of Hazardous Materials*, 398, 122936. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122936>
- Nishmitha, P. S., Akhilghosh, K. A., Aiswriya, V. P., Ramesh, A., Muthuchamy, M., & Muthukumar, A. (2025). Understanding emerging contaminants in water and wastewater: A comprehensive review on detection, impacts, and solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 18, 100755. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2025.100755>
- Oladimeji, T. E., Oyedemi, M., Emetere, M. E., Agboola, O., Adeoye, J. B., & Odunlami, O. A. (2024). Review on the impact of heavy metals from industrial wastewater effluent and removal technologies. *Heliyon*, 10(23). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40370>
- OMS. (2022a). *Cuadro 8.1, Valores de referencia de la OMS para la calidad del agua potable: Contaminantes químicos I* [Text]. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583409/table/ch8.tab1/>
- OMS. (2022b). *Cuadro 8.2, Valores orientativos de la OMS para la calidad del agua potable: Contaminantes químicos II* [Text]. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK583409/table/ch8.tab2/>



OMS. (2023). *Agua para consumo humano.* <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Paul, A. S., Alam, M. I., Kumar, A., Chaudhary, V., Singh, N. K., Maurya, A. P., & Dixit, S. (2025). A Review of Standard and Advanced Water Treatment Methods for Safe Drinking Water. *International Journal of Environment and Climate Change*, 15(7), 69-83. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2025/v15i74914>

Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., & Akash, M. S. H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *Journal of Cellular Biochemistry*, 119(1), 157-184. <https://doi.org/10.1002/jcb.26234>

Richardson, S. D., Plewa, M. J., Wagner, E. D., Schoeny, R., & DeMarini, D. M. (2007). Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research, The Sources and Potential Hazards of Mutagens in Complex Environmental Matrices - Part II*, 636(1), 178-242. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2007.09.001>

Shah, A., Arjunan, A., Baroutaji, A., & Zakharova, J. (2023). A review of physicochemical and biological contaminants in drinking water and their impacts on human health. *Water Science and Engineering*, 16(4), 333-344.

Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A., Hadibarata, T., Rhee, J., Al-onazi, W. A., Algarni, T. S., Almarri, A. H., & Al-Mohaimeed, A. M. (2021). Pesticides in Drinking Water—A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 468. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020468>

Varatharajan, G. R., Ndayishimiye, J. C., & Nyirabuhoro, P. (2025). Emerging Contaminants: A Rising Threat to Urban Water and a Barrier to Achieving SDG-Aligned Planetary Protection. *Water*, 17(16), 2367. <https://doi.org/10.3390/w17162367>

Villanueva, C. M., Cantor, K. P., Cordier, S., Jaakkola, J. J. K., King, W. D., Lynch, C. F., Porru, S., & Kogevinas, M. (2004). Disinfection Byproducts and Bladder Cancer: A Pooled Analysis. *Epidemiology*, 15(3), 357. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000121380.02594.fc>

