

## Una Perspectiva de la Contaminación del Agua en México y la Contribución del Proyecto CleanWater a su Resolución

*A perspective of Water Pollution in Mexico and the Contribution of CleanWater Project for its Resolution*

*Hilda Elizabeth Reynel-Ávila  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Didilia Ileana Mendoza-Castillo  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Ma. del Rosario Moreno-Virgen  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Felipe de Jesús Villalobos-Delgado  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Herson Antonio González-Ponce  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Lizbeth Liliana Díaz-Muñoz  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Jaime Moreno-Pérez  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

*Adrián Bonilla-Petriciolet  
Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de  
Aguascalientes, México*

### Resumen:

En este artículo se describe el contexto nacional de la contaminación del agua y se aborda la problemática asociada a la presencia de contaminantes emergentes y xenobióticos. Se destaca la importancia del proceso de adsorción para procesos de descontaminación del agua y el tipo de materiales que pueden utilizarse. Finalmente, se describe el alcance del proyecto internacional CleanWater.

**Palabras clave:** Calidad del agua, adsorción, xenobióticos.

### Abstract:

This paper describes the national context of water pollution, and the problem associated with the presence of emerging pollutants and xenobiotics. The importance of the adsorption process for water depollution processes and adsorbents that can be used is highlighted. Finally, the scope and objectives of the international CleanWater project are introduced.

**Keywords:** Water quality, Adsorption, xenobiotics.

## Contexto de la contaminación del agua en México, sus implicaciones y retos.

Uno de los principales retos que enfrenta la sociedad es el acceso a agua para uso y consumo humano. El informe mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024 de las Naciones Unidas: Agua para la Prosperidad y la Paz (United Nations, 2024b) indica que una proporción significativa de los recursos disponibles de agua potable se utiliza en los sectores de la agricultura e industria, mientras que una fracción menor se destina para satisfacer las necesidades domésticas. En general, la calidad del agua utilizada por la población mundial puede variar significativamente entre los diversos países dependiendo de sus condiciones socioeconómicas (Desbureaux et al., 2022). Por ejemplo, las naciones con bajos ingresos tienen problemas más críticos en términos de calidad del agua debido a la carencia de recursos para implementar estrategias adecuadas de saneamiento, mientras que los países más desarrollados presentan otro tipo de problemas de contaminación debido a sus actividades económicas más intensivas y diversificadas. Según el informe sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (United Nations, 2024a), se ha registrado más de 2,000 millones de personas sin acceso a agua potable, mientras que 3,000 millones de habitantes no cuentan con un saneamiento adecuado de los recursos hídricos y 1,400 millones más no disponen de servicios básicos de higiene. Se ha concluido que este contexto se puede agravar e intensificar por la presencia de otros factores que influyen en la escasez de agua potable como son los efectos del cambio climático (por ejemplo, las sequías extremas), el crecimiento poblacional y la contaminación ambiental generada por las actividades antropogénicas. Sin duda, la problemática de la calidad del agua no solamente se caracteriza por afectar el bienestar social y económico de los países, sino que también amenaza a sus recursos naturales y ecosistemas (Mogollón, 2020).

México no está exento de la creciente escasez de agua y su contaminación. Aproximadamente, el 61% del agua para uso nacional proviene de fuentes superficiales, mientras que el 39% se extrae de fuentes subterráneas. El incremento en la extracción en cuencas y acuíferos del país ha generado una sobreexplotación del 20% (CONAGUA, 2020). Se estima que el 30 - 40% de los ríos y cuerpos de agua superficiales en México muestra algún grado de contaminación debido principalmente a la disposición inadecuada de aguas residuales no tratadas, residuos industriales, el uso de fertilizantes y pesticidas en las actividades agrícolas, entre otros factores.

A nivel nacional se tiene una red con más de 5,000 estaciones de monitoreo de la calidad del agua (CONAGUA, 2022). Las estadísticas nacionales disponibles indican que 64% de las aguas residuales municipales y 47% de las aguas residuales industriales reciben algún tratamiento. Se tiene un registro de más de 2,400 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales que operan en todo el país con una capacidad de tratamiento de 141.5 m.<sup>3</sup>/s, la cual representa el 65.7% de los 215.3 m.<sup>3</sup>/s recolectados a través de los sistemas de alcantarillado. Las estadísticas revelan que la capacidad de tratamiento de aguas residuales de la industria no se ha consolidado. Por ejemplo, los datos disponibles para el año 2019 indican que la industria nacional trató 89.77 m.<sup>3</sup>/s de aguas residuales en 3531 plantas, mientras que esta capacidad de tratamiento se redujo a 71.67 m.<sup>3</sup>/s en 3307 plantas de purificación durante el año 2020.

En general, los sistemas convencionales de tratamiento de agua que operan en el país están diseñados para reducir el contenido de aquellos contaminantes que desde hace décadas han estado presentes en las aguas residuales, como son la materia orgánica, patógenos y algunos metales pesados. Sin embargo, actualmente es necesario considerar un espectro más amplio de contaminantes que requieren la adaptación y desarrollo de tecnologías de purificación para realizar su remoción efectiva, reducir el impacto ambiental y minimizar riesgos para la salud pública derivados de su presencia en el ambiente.

Los contaminantes no convencionales que se han identificado en acuíferos y fuentes superficiales de agua pueden clasificarse como xenobióticos y compuestos emergentes. Los xenobióticos usualmente son tóxicos en bajas concentraciones (es decir, en el orden de miligramos o microgramos por litro) y pueden ser generados por la misma naturaleza y características de los acuíferos, como es el caso de los fluoruros o el arsénico, o también pueden asociarse a actividades antropogénicas. Por otro lado, los contaminantes emergentes son

aquellos que normalmente no son monitoreados y regulados pero que en algún momento pueden representar un problema tanto para la salud humana como para los ecosistemas (Molina et al., 2024). El desarrollo y uso de nuevas tecnologías son la principal fuente de varias sustancias químicas incluidas en esta categoría. Estos contaminantes se caracterizan por su persistencia en el ambiente debido a su estabilidad química que dificulta su degradación natural, pueden ser tóxicos en concentraciones del orden de los microgramos o nanogramos por litro, y generalmente son bioacumulables. No obstante, es conveniente indicar que se desconocen los potenciales efectos toxicológicos en humanos y en el medio ambiente de algunos de estos contaminantes emergentes (Stefano et al., 2022). Los xenobióticos también pueden clasificarse como contaminantes emergentes. Con fines ilustrativos, los principales xenobióticos y contaminantes emergentes que se han identificado en México se muestran en la Figura 1. La regulación de varios de estos contaminantes en cuerpos de agua aún no se ha establecido en normas oficiales mexicanas y solamente algunos xenobióticos como fluoruros y arsénico están considerados en la reglamentación nacional.

En México y otros países, la presencia de contaminantes emergentes en fuentes de abastecimiento de agua se ha relacionado directamente con el incremento de la tasa poblacional. Este contexto ha generado una mayor demanda de alimentos y productos cotidianos que implica el uso de sustancias químicas naturales y sintéticas para su producción, conservación y envasado, además del correspondiente incremento de desechos generados por su utilización (Vázquez-Tapia et al., 2022). Por otra parte, las principales actividades generadoras de contaminantes del agua a nivel nacional incluyen a la agricultura, por el uso de pesticidas (herbicidas e insecticidas), y a la ganadería por el uso de sustancias farmacológicamente activas, mismas que por su aplicación indiscriminada e inadecuada disposición final de remanentes y envases que los contienen, son transferidas a los reservorios subterráneos de agua provocando su contaminación y generando riesgos potenciales de exposición para la población.

La toxicología de los contaminantes emergentes es muy variada y depende del tipo de sustancia, concentración y grado de exposición. Por ejemplo, los principales efectos nocivos a la salud humana por exposición a pesticidas a través del consumo de agua se relacionan principalmente con la sobreproducción de especies reactivas del oxígeno y radicales libres producto de la biotransformación de dichos xenobióticos que promueve el estrés oxidativo, daño celular y disfunción hepática, renal, neurológica y cardiovascular (Sule et al., 2022).

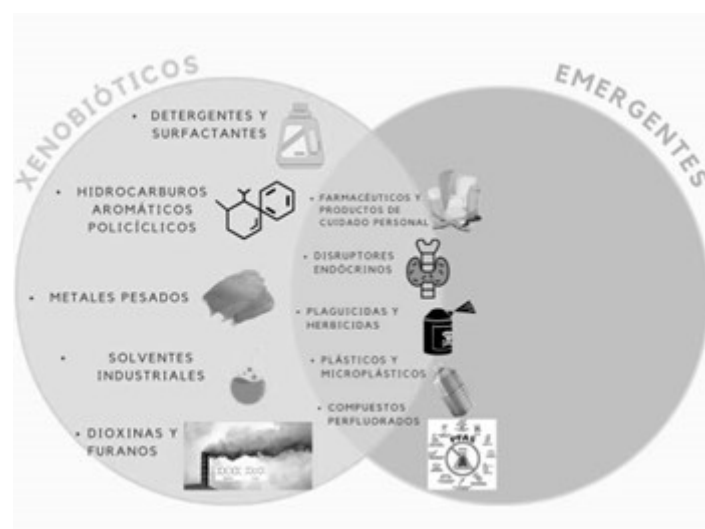


FIGURA 1  
Algunos xenobióticos y contaminantes emergentes  
presentes en fuentes de abastecimiento de agua en México.  
Elaboración propia.

Con respecto a las sustancias farmacológicamente activas utilizadas en la ganadería, los antibióticos, antiinflamatorios no esteroideos y hormonas destacan por sus efectos toxicológicos a los humanos, pero también pueden impactar a los organismos acuáticos cuya presencia se ha relacionado con su exacerbado uso para la prevención, tratamiento y crecimiento de ganado caprino, bovino, porcino, ovino y aviar (Chinnaiyan et al., 2018). Es conveniente indicar que aún no existe evidencia concluyente sobre los efectos toxicológicos en humanos por la presencia de sustancias farmacéuticas o sus metabolitos en agua de consumo debido a las concentraciones traza detectadas. Sin embargo, estudios recientes realizados en organismos acuáticos han reportado efectos tóxicos por exposición crónica como estrés oxidativo celular, teratogenicidad, genotoxicidad, problemas de reproducción, así como alteraciones neurológicas y endócrinas (Świacka et al., 2021). Por otra parte, la sobreexplotación de los reservorios de agua subterránea ha intensificado la exposición a sustancias químicas de origen geogénico como son los metales pesados, arsénico y fluoruros. La exposición crónica a metales pesados a través del agua de consumo está estrechamente relacionada con patologías tales como desórdenes neurológicos a través del daño a las neuronas y alteraciones en el correcto funcionamiento de los neurotransmisores, estrés oxidativo celular, mutagenicidad y cáncer (Briffa et al., 2020). El arsénico destaca como una de las sustancias más potentes en términos de toxicología, pues una exposición crónica a través del agua de consumo contaminada con concentraciones incluso por debajo del límite permisible en México, que es de 0.025 mg/L, se ha relacionado con enfermedades de la piel (dermatitis), neurológicas, hepáticas, renales, respiratorias, cardio-metabólicas, y cáncer (González-Martínez et al., 2024). Con respecto a los fluoruros, su toxicología se ha relacionado con enfermedades como la fluorosis dental y ósea, y estudios recientes han indicado que este xenobiótico puede generar daño a órganos como el hígado, riñones e intestino delgado, y alteraciones en los sistemas cardiovascular, inmunológico, reproductivo y neurológico (Pal et al., 2023). Por último, y no menos importante, otro grupo de sustancias ampliamente usadas desde finales del siglo XX son las sustancias conocidas como plastificantes dentro de las cuales destacan los ftalatos, perfluoroalquilos y polifluoroalquilos (PFAS, por sus siglas en inglés). Este tipo de sustancias químicas se utilizan para la fabricación de pinturas, cosméticos, empaque para alimentos procesados, papel antiadherente, productos de higiene, ropa, telas para muebles, adhesivos, así como en la obtención de otros plásticos como el cloruro de polivinilo (PVC, por sus siglas en inglés) y el tereftalato de polietileno (PET, por sus siglas en inglés). La presencia de estos compuestos en fuentes superficiales de agua ya ha sido reportada en México (Dueñas-Moreno et al., 2024). La exposición a dichas sustancias en estudios con animales ha sido relacionada con alteraciones del crecimiento y reproducción, pues se ha observado que éstas actúan como “hormonas” que bloquean receptores o imitan la función de hormonas humanas, siendo reconocidas como disruptores endócrinos que se pueden vincular con problemas de salud más graves como síndrome metabólico (obesidad, hipertensión arterial y diabetes), infertilidad y cáncer de mama.

En síntesis, la sobreexplotación de los mantos acuíferos, las deficiencias existentes en la infraestructura de tratamiento, la falta de políticas efectivas para la gestión del agua y la carencia de normatividad actualizada para la identificación y regulación de diversos contaminantes, aunado al inadecuado desarrollo de estrategias basadas en factores socioeconómicos para la determinación de las condiciones de disponibilidad de este recurso, son algunas de las problemáticas que se enfrentan a nivel nacional y que inciden directamente en la calidad del agua que es suministrada para uso y consumo humano. Este contexto impone desafíos que demandan nuevas soluciones para el desarrollo de sistemas sostenibles de tratamiento y purificación con el objetivo de mejorar la calidad del agua ya sea para reúso, consumo y disposición en cuerpos de agua.

## Adsorción y su aplicación en la remoción de xenobióticos y contaminantes emergentes

Para enfrentar algunos de los desafíos que representa la contaminación del agua por xenobióticos y compuestos emergentes en México se puede recurrir a la aplicación del proceso de adsorción. La adsorción es un método fisicoquímico donde se utiliza un sólido, denominado como adsorbente, para separar a las sustancias de interés del fluido a tratar. Este proceso de purificación es altamente rentable y su utilización en procesos de tratamiento de agua es muy común debido a sus ventajas técnicas y económicas. La rentabilidad y eficacia del proceso de adsorción radica en la selección del mejor adsorbente para la purificación del fluido a tratar. La química de superficie (es decir, composición y tipo de grupos funcionales) y parámetros de textura (es decir, características de la estructura porosa como son el área superficial y diámetro de poro) son las variables que determinan el desempeño de un adsorbente en una aplicación en particular. En general, se dispone de una amplia variedad de adsorbentes que puede utilizarse para el tratamiento de agua. Estos adsorbentes comprende desde los materiales más tradicionales como el carbón activado, zeolitas, alúmina activada, polímeros, hasta materiales avanzados y novedosos como los MOFs (por sus siglas en inglés *Metal-Organic Frameworks*) o nanomateriales, ver Figura 2. La aplicación de estos materiales puede presentar ventajas y limitaciones dependiendo del nivel de consolidación del material en términos de su producción a nivel industrial y avances tecnológicos. A continuación, se da una breve descripción de diferentes adsorbentes que pueden aplicarse en procesos de descontaminación del agua.



FIGURA 2  
Ejemplos de adsorbentes utilizados en el tratamiento y purificación de agua.  
Elaboración propia.

El carbón activado es el adsorbente universal disponible comercialmente y, por tanto, es el material más popular y utilizado en el tratamiento de agua. Este adsorbente es fácil de producir y relativamente económico dependiendo de las materias primas empleadas. Sus aplicaciones comerciales comprenden filtros domésticos y plantas de tratamiento de aguas residuales. El carbón activado puede aplicarse para la remoción de diversos contaminantes tales como los metales pesados, colorantes, medicamentos, pesticidas, entre otros (Tomczyk et al., 2023). La funcionalización adecuada de la superficie del carbón activado permite la remoción de xenobióticos como los fluoruros o arsénico, mientras que carbones activados con áreas de superficie muy grandes pueden remover moléculas de colorantes o compuestos polifenólicos que son parte de la carga orgánica de las aguas residuales de origen industrial.

Las zeolitas son materiales inorgánicos con una estructura micro-porosa y con una alta capacidad de intercambio iónico. Este tipo de adsorbentes es efectivo para remover contaminantes con carga (es decir, cationes y aniones) como son el amoníaco, algunos metales pesados y otros contaminantes orgánicos (Sossou et al., 2024). Son adsorbentes accesibles en cuanto a costos y altamente estables a largo plazo, características que facilitan su aplicación en el tratamiento de aguas contaminadas a gran escala. Por otra

parte, los MOFs son materiales avanzados y de gran potencial que han ganado atención en las últimas décadas. Estos adsorbentes están formados por iones metálicos conectados por ligandos orgánicos, creando una estructura altamente porosa (> 2000 m.<sup>2</sup>/g) tridimensional. La estructura de los MOFs puede ser diseñada para remover compuestos específicos superando el desempeño del carbón activado u otros adsorbentes tradicionales. No obstante, se debe indicar que la producción comercial de esos adsorbentes está aún limitada por sus costos, además de que algunos de estos materiales son inestables en ciertas condiciones de operación limitando su uso en la descontaminación del agua. Aunque la investigación ha resuelto algunas problemáticas para su producción a mayor escala, todavía se enfrentan desafíos para su implementación comercial. Los materiales lignocelulósicos que son derivados de residuos agrícolas, urbanos o industriales son una alternativa renovable, biodegradable y económica para el tratamiento de agua (Abd-ur-Rehman et al., 2022). Su composición química y, en particular, sus grupos funcionales facilitan la adsorción de metales pesados y algunos compuestos orgánicos. Su bajo costo y abundancia los hacen ideales para aplicaciones sostenibles. Estos materiales también pueden modificarse para mejorar su capacidad de adsorción y estabilidad química. Otros materiales como los nanotubos de carbono, óxidos metálicos, nanoesponjas, hidróxidos de doble capa, materiales de grafeno, entre otros, son alternativas para remover contaminantes emergentes y xenobióticos (Aghababai Beni & Jabbari, 2022). Finalmente, se pueden sintetizar adsorbentes compuestos mediante la combinación de matrices orgánicas e inorgánicas con el fin de desarrollar materiales con propiedades mejoradas para la remoción efectiva de contaminantes emergentes y xenobióticos. Este enfoque permite obtener adsorbentes con propiedades eléctricas, mecánicas y magnéticas que intensifican su desempeño y diversifican sus aplicaciones. El futuro de la descontaminación del agua incluye el uso combinado de estos y otros adsorbentes para explotar sus fortalezas y reducir sus desventajas en un enfoque ideal para maximizar su efectividad, generando tratamientos de purificación más sostenibles y adaptados para los distintos tipos de contaminantes que se requieren remover hoy en día.

## ¿Qué es el proyecto internacional CleanWater?

El proyecto internacional “*CleanWater – Multifunctional sustainable adsorbents for water treatment assisted with plasma technologies and for health protection from xenobiotics*” es una iniciativa de colaboración científica internacional que está financiada por el programa Horizonte de la Unión Europea. Este proyecto está dirigido y coordinado por la Universidad de Alicante (España) y cuenta con la participación de 13 instituciones, centros de investigación y empresas de España, Hungría, Reino Unido, Ucrania, Polonia, Eslovaquia, Moldavia, Kazajistán, y México donde participa el Tecnológico Nacional de México – Instituto Tecnológico de Aguascalientes, ver Figura 3. Este proyecto comprende una duración de 4 años (2024 – 2027) y su objetivo principal es el desarrollo de adsorbentes avanzados, multifuncionales y versátiles, para purificar eficientemente agua contaminada y proteger el organismo humano contra la exposición a agentes biológicos, contaminantes emergentes y xenobióticos. Los resultados de este proyecto permitirán desarrollar mejores procesos para el tratamiento y purificación de agua contaminada en México y otras regiones del planeta.

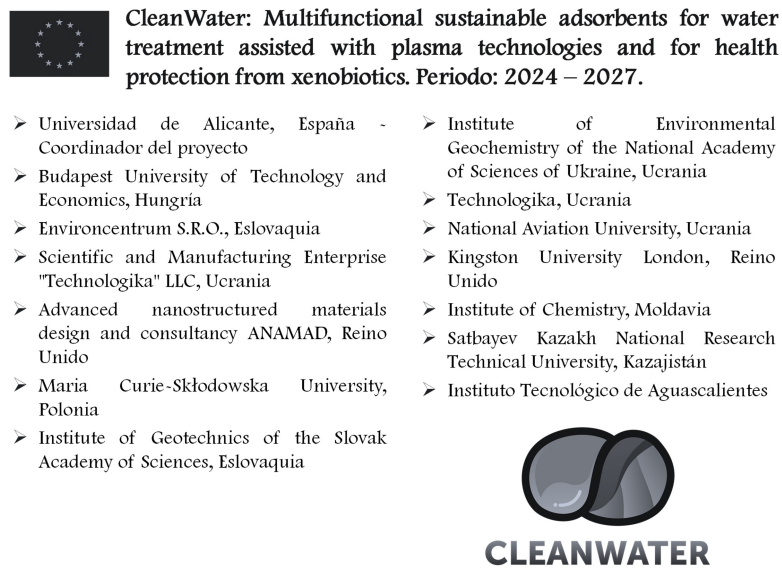


FIGURA 3  
Consortio internacional del proyecto CleanWater.  
Elaboración propia.

## Agradecimientos

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a sus autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea. Ni la Unión Europea ni autoridad financiadora pueden ser considerados responsables de ellos.

## Referencias

- Abd-ur-Rehman, H. M., Deletic, A., Zhang, K., & Prodanovic, V. (2022). The comparative performance of lightweight green wall media for the removal of xenobiotic organic compounds from domestic greywater. *Water Research*, 221, 118774. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118774>
- Aghababai Beni, A., & Jabbari, H. (2022). Nanomaterials for Environmental Applications. *Results in Engineering*, 15, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100467>
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- Chinnaiyan, P., Thampi, S. G., Kumar, M., & Mini, K. M. (2018). Pharmaceutical products as emerging contaminant in water: Relevance for developing nations and identification of critical compounds for Indian environment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(5), 288. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6672-9>
- CONAGUA. (2020). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/557955/Plan\\_Hidrico\\_Nacional\\_2020-2024.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/557955/Plan_Hidrico_Nacional_2020-2024.pdf)
- CONAGUA. (2022). *Estadísticas del agua en México 2021*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/10/EAM\\_2021.pdf](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2023/10/EAM_2021.pdf)
- Desbureaux, S., Mortier, F., Zaveri, E., van Vliet, M. T. H., Russ, J., Rodella, A. S., & Damania, R. (2022). Mapping global hotspots and trends of water quality (1992–2010): A data driven approach. *Environmental Research Letters*, 17(11), 114048. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac9cf6>
- Dueñas-Moreno, J., Vázquez-Tapia, I., Mora, A., Cervantes-Avilés, P., Mahlkecht, J., Capparelli, M. V., Kumar, M., & Wang, C. (2024). Occurrence, ecological and health risk assessment of phthalates in a polluted urban river

used for agricultural land irrigation in central Mexico. *Environmental Research*, 240, 117454. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117454>

- González-Martínez, F., Johnson-Restrepo, B., & Quiñones, L. A. (2024). Arsenic inorganic exposure, metabolism, genetic biomarkers and its impact on human health: A mini-review. *Toxicology Letters*, 398, 105-117. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2024.06.008>
- Mogollón, H. M. (2020). Water Resources in Mexico: Some Proposals for the Future. En J. A. Raynal-Villasenor (Ed.), *Water Resources of Mexico* (pp. 117-132). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40686-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40686-8_7)
- Molina, G. A., Trejo-Caballero, M. E., Elizalde-Mata, A., Silva, R., & Estevez, M. (2024). An eco-friendly strategy for emerging contaminants removal in water: Study of the adsorption properties and kinetics of self-polymerized PHEMA in green solvents. *Journal of Water Process Engineering*, 67, 106261. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.106261>
- Pal, P., Jha, N. K., Pal, D., Jha, S. K., Anand, U., Gopalakrishnan, A. V., Dey, A., & Mukhopadhyay, P. K. (2023). Molecular basis of fluoride toxicities: Beyond benefits and implications in human disorders. *Genes & Diseases*, 10(4), 1470-1493. <https://doi.org/10.1016/j.gendis.2022.09.004>
- Sossou, K., Prasad, S. B., Agbotsou, E. K., & Saidou Souley, H. (2024). Evaluation of the performance of magnetic zeolite nanocomposites in removing various water contaminants as heavy metals, organic pollutants, and emerging contaminants: A review. *Next Nanotechnology*, 6, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.nxnano.2024.100075>
- Stefano, P. H. P., Roisenberg, A., Santos, M. R., Dias, M. A., & Montagner, C. C. (2022). Unraveling the occurrence of contaminants of emerging concern in groundwater from urban setting: A combined multidisciplinary approach and self-organizing maps. *Chemosphere*, 299, 134395. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134395>
- Sule, R. O., Condon, L., & Gomes, A. V. (2022). A Common Feature of Pesticides: Oxidative Stress—The Role of Oxidative Stress in Pesticide-Induced Toxicity. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022(1), 5563759. <https://doi.org/10.1155/2022/5563759>
- Świacka, K., Michnowska, A., Maculewicz, J., Caban, M., & Smolarz, K. (2021). Toxic effects of NSAIDs in non-target species: A review from the perspective of the aquatic environment. *Environmental Pollution*, 273, 115891. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115891>
- Tomczyk, A., Kondracki, B., & Szewczuk-Karpisz, K. (2023). Chemical modification of biochars as a method to improve its surface properties and efficiency in removing xenobiotics from aqueous media. *Chemosphere*, 312, 137238. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.137238>
- United Nations. (2024a). *The Sustainable Development Goals Report 2024*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>
- United Nations. (2024b). *The United Nations World Water Development Report 2024: Water for prosperity and peace*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388948.locale=es>.
- Vázquez-Tapia, I., Salazar-Martínez, T., Acosta-Castro, M., Meléndez-Castolo, K. A., Mahlknecht, J., Cervantes-Avilés, P., Capparelli, M. V., & Mora, A. (2022). Occurrence of emerging organic contaminants and endocrine disruptors in different water compartments in Mexico – A review. *Chemosphere*, 308, 136285. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136285>



**Disponible en:**

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94482151009>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante  
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la  
academia

Hilda Elizabeth Reynel-Ávila, Didilia Ileana Mendoza-Castillo,  
Ma. del Rosario Moreno-Virgen,

Felipe de Jesús Villalobos-Delgado,

Herson Antonio González-Ponce, Lizbeth Liliana Díaz-Muñoz,  
Jaime Moreno-Pérez, Adrián Bonilla-Petriciolet

**Una Perspectiva de la Contaminación del Agua en México  
y la Contribución del Proyecto CleanWater a su  
Resolución**

**A perspective of Water Pollution in Mexico and the  
Contribution of CleanWater Project for its Resolution**

*Conciencia Tecnológica*

núm. 68, p. 94 - 101, 2024

Instituto Tecnológico de Aguascalientes,

**ISSN:** 1405-5597