

ESTUDIO SOBRE LOS CONTAMINANTES EMERGENTES EN MÉXICO

STUDY ON EMERGING POLLUTANTS IN MEXICO

Reynoso Camargo E. C.¹, Chavarin-Pineda Y.², Torres Ramírez E.^{1,3*}

¹Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Prolongación de la 14 Sur 6301, Bugambillas 3ra Sección, 72580 Puebla, Pue., 22295500 ext. 7056

²Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. San Claudio 1814, Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Pue., 22295500 ext. 5240

³Centro de Química, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Boulevard Carlos Camacho SN, Cd Universitaria, 72570 Puebla, Pue., 22295500 ext. 7273

* Autor de correspondencia: eduardo.torres@correo.buap.mx

Recibido: 10/abril/2023

Aceptado: 27/junio/2023

RESUMEN

Con el acelerado crecimiento de la población, el incremento de productos para todo tipo de necesidades ha desarrollado una problemática crítica en los ecosistemas, la presencia de contaminantes emergentes. Estas sustancias son fuente de gran preocupación social y en la comunidad científica debido al potencial ecotoxicológico y en la salud humana. En este trabajo analizamos las fuentes, distribución y destino de los contaminantes emergentes, así como una revisión bibliográfica de los avances en materia de evaluación de la toxicidad, monitoreo en la presencia y diferentes procesos de eliminación que se realizan en los principales centros de investigación y académicos en

México. El estudio de contaminantes emergentes en México inicia en el año 2007 pero con una cantidad reducida de investigaciones, 10 años después crece el interés de la comunidad científica para estos compuestos. La situación actual se torna preocupante debido el descubrimiento de alteraciones producidas que antes no se conocían y a la abundante presencia resultado de los monitores realizados. Es necesario desarrollar nuevas tecnologías y conciencia social para hacer frente a esta problemática que se acrecienta globalmente.

Palabras clave: revisión bibliográfica; contaminantes emergentes; monitoreo ambiental

ABSTRACT

Population growth has increased the rate of use of products for all types, this has developed critical problems in ecosystems such as the increasing presence of emerging contaminants. In the scientific community, these substances are of concern due to their ecotoxicological and human health potential. In this article, we analyze the sources, distribution, and fate of emerging contaminants, as well as a literature review of advances in toxicity assessment, presence monitoring, and elimination processes carried out in the primary research and academic institutions in Mexico. Studies in emerging contaminants in Mexico began in 2007, but the scientific community's has shown interest in these compounds ten years later. The current situation is of concern due to the discovery of alterations produced that were not known before and the abundant presence resulting from several monitoring carried out. At present, developing new technologies and social awareness is necessary to face the problem.

Keywords: *Narrative review; emerging contaminants; environmental monitoring*

INTRODUCCIÓN

¿Qué son y dónde se encuentran los CE?

El acelerado crecimiento poblacional ha generado un aumento de nuevas sustancias para satisfacer las necesidades de consumo, cuidado personal y esparcimiento. Estas sustancias, al cabo de pocos años, se convierten en un problema ambiental debido a que su principal destino son los diferentes cuerpos de agua (superficial, subterránea, escorrentía, etcétera). Ya en el sistema hídrico, pueden pasar a todos los compartimientos ambientales y retornar a la esfera humana. Las propiedades químicas de cada sustancia les darán la posibilidad de persistir en mayor o menor medida en el ambiente, pero en la mayoría de los casos se desconoce esta capacidad y el potencial toxicológico de cada una de ellas. Estas sustancias son conocidas como contaminantes emergentes (CE) que, debido a su reciente uso y detección, no se monitorean de manera rutinaria en el ambiente y los sistemas hídricos; por lo mismo, los efectos en el ambiente y la salud humana y animal han sido poco estudiados (González-González et al., 2022).

Diversas organizaciones e instituciones (EPA, Agencia de Protección Ambiental; USGS, Servicio Geológico de Estados Unidos; NORMAN, Network of Reference Laboratories, Research Centres and Related Organisations for Monitoring of Emerging Environmental Substances) han establecido que los CE son sustancias naturales o sintéticas,

microorganismos (o biomoléculas) y sus productos de transformación, tales como medicamentos y productos farmacéuticos, productos de cuidado personal o de limpieza del

hogar, productos agrícolas (plaguicidas y surfactantes) (Tapia-Salazar et al., 2022). En la figura 1 se da un acercamiento a la categorización más reciente de estos compuestos contaminantes.

Figura 1. Clasificación de los contaminantes emergentes



Fuente: elaboración propia

¿Cuáles son las fuentes de los CE?

Las vías por las que los CE pueden llegar a los ambientes acuáticos son: corrientes de aguas residuales municipales (hogares, mercados y comercios pequeños), descargas de los efluentes industriales, corrientes provenientes de granjas

ganaderas y agricultura y aguas residuales de hospitales. En la figura 2 se detallan las fuentes urbanas de contaminantes emergentes y algunos ejemplos de cada categoría.

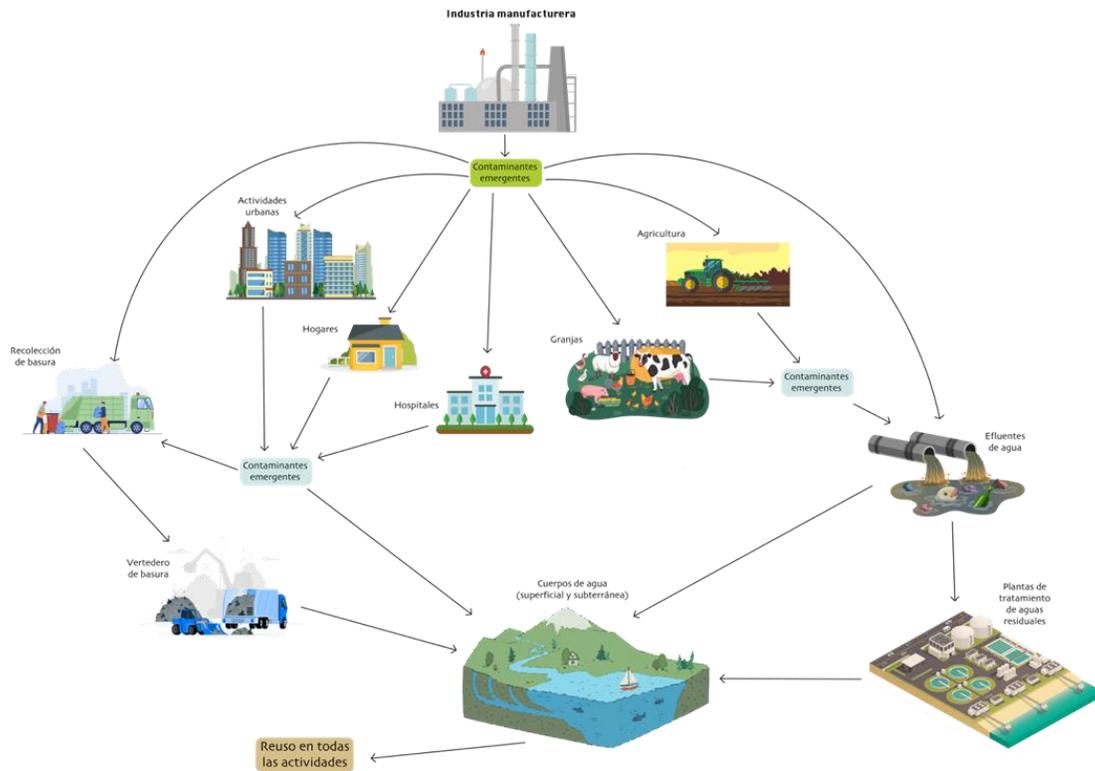
Además de lo anterior, es importante mencionar otros medios de distribución como la deposición

atmosférica y la lixiviación. A continuación, se describe la manera en que los CE llegan al ambiente desde estas fuentes.

Zonas industriales. Son los sitios donde se producen de origen los CE; los cuales pueden

llegar al ambiente en los efluentes de desecho que no fueron tratados correctamente antes de su liberación.

Figura 2. Fuentes de contaminantes emergentes



Fuente: elaboración propia.

El sector farmacéutico juega un rol crucial en la generación y descarga de CE en el sistema hídrico. Los fármacos son compuestos con potencial de convertirse en CE si su disposición o tratamiento final no es el correcto; estos compuestos incluyen a los analgésicos, antihipertensivos, antimicrobianos, ansiolíticos,

antiinflamatorios, diuréticos, hormonas y esteroides, antisépticos, beta-bloqueadores, estimulantes y narcóticos; otro grupo relacionado con la industria farmacéutica son los productos de cuidado personal, estos incluyen, aditivos para alimentos, biocidas domésticos, cosméticos,

desinfectantes, fragancias, productos de higiene personal y surfactantes (Lozano et al., 2022).

Uno de los grupos que ha crecido en interés debido al aumento en la aparición en los diferentes cuerpos de agua y al potencial ecotoxicológico son los retardantes de flama, estas sustancias significan un problema no solo por la creciente producción sino por la utilización en todos los sectores industriales y de consumo, como en la industria textil, dispositivos electrónicos, muebles y papel.

Zonas urbanas. En los hogares, los humanos consumimos una cantidad muy variada y grande de sustancias sintéticas con potencial de contaminar, incluso con las excretas de nuestro cuerpo, como la orina, descargamos una porción de hormonas, analgésicos, antibióticos que no son completamente metabolizados; además, se descargan, provenientes de las actividades de limpieza: fragancias, aditivos, detergentes, colorantes, etc.

Zonas agroganaderas. En esta actividad se utiliza una gran cantidad de plaguicidas que pueden persistir por años e incluso décadas.

La aplicación de antibióticos al ganado representa más de la mitad de los compuestos farmacéuticos que son administrados en este sector. En la actividad pecuaria, el uso de

antibióticos consiste en prácticas que no están lo suficientemente controladas, por lo que las cantidades que se administran no son las correctas, propiciando que las concentraciones en el ambiente sean elevadas (Koch et al., 2021).

Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). La presencia de los CE en aguas residuales municipales e industriales demanda correctos sistemas de degradación y eliminación antes de su reutilización. Sin embargo, aun con las tecnologías modernas, los CE han sido detectados a la salida de las PTAR, lo que es un problema ambiental dado que estas aguas son frecuentemente utilizadas para cultivos, o desechadas a cuerpos de agua, por lo que los CE regresan a los compartimentos ambientales, continuando sus efectos en la salud humana y ambiental.

La preocupación sobre la presencia de los CE en los recursos hídricos es mundial; en diversos países se han llevado a cabo estudios profundos para conocer los niveles de contaminación, las causas y fuentes, así como el estudio de tecnologías de mitigación. En este trabajo, el objetivo fue investigar el estado actual de los CM en México por parte de la comunidad científica y conocer el avance en las investigaciones mediante el análisis de la literatura científica publicada por autores o instituciones mexicanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer cuál es la situación actual y el interés científico en México se realizó una búsqueda en la base de datos de *Scopus* (www.scopus.com/), en el periodo “enero 2007-marzo 2023” con la palabra clave “emerging contaminant” ya sea en título, resumen o palabras clave. Se revisó y aceptó que para su análisis, el estudio se haya realizado y/o participado alguna de las instituciones con adjudicación en México.

RESULTADOS

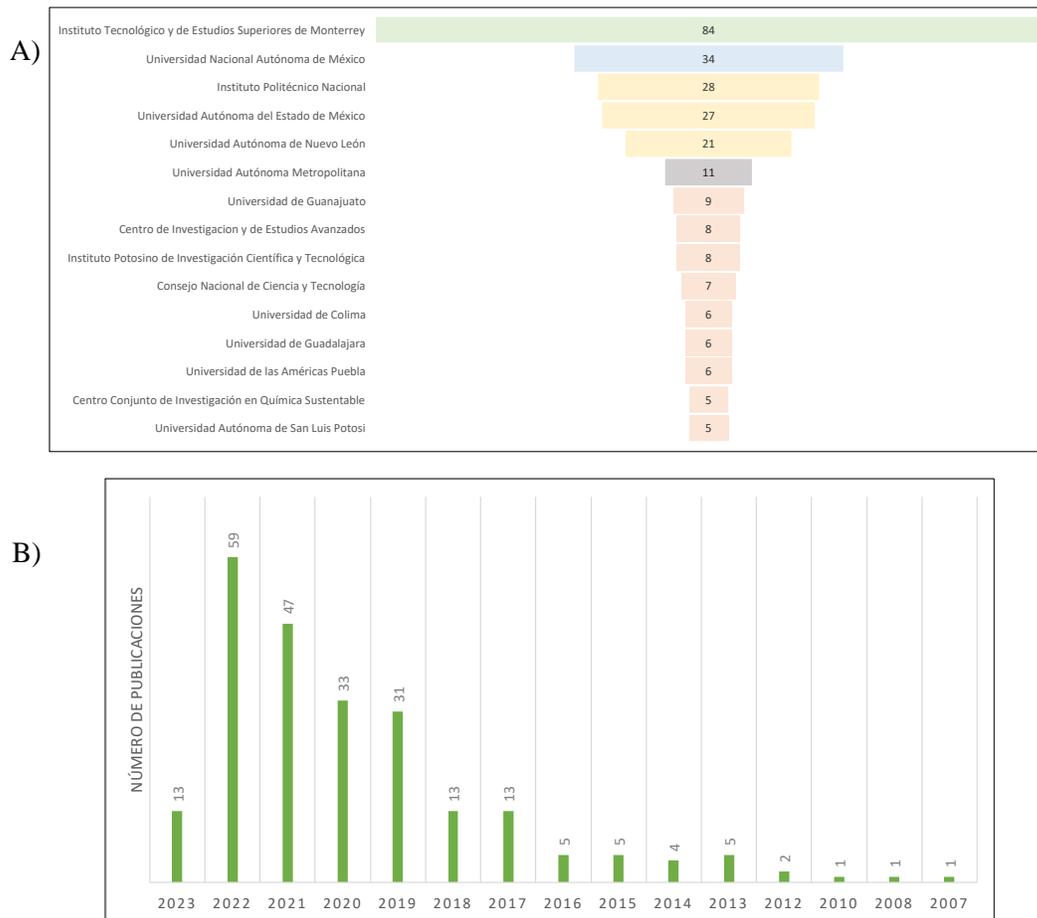
Situación actual en la investigación en México de los CE

La búsqueda global de publicaciones científicas solo con la palabra clave “Emerging contaminants” arrojó más de 11 mil publicaciones a nivel mundial. Los resultados muestran que México es el país 14 en cantidad de artículos, muy por debajo de los principales tres, Estados Unidos (2609), China (2365) y España (1242). De los 240 trabajos publicados por Instituciones mexicanas, 129 son artículos originales, 68 de revisión, 36 son capítulos de libro, 3 conferencias publicadas, 3 editoriales y 1 es libro. 46 instituciones académicas y de investigación son las que han desarrollado las publicaciones, en la figura 3A se muestran las

principales, observándose que el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (Tecnológico de Monterrey) ha desarrollado casi una tercera parte de las investigaciones producidas en México (34%), seguido de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con un 14% de los artículos publicados. A partir del año 2017 hubo un incremento lineal en el número de publicaciones, lo que muestra que el interés sobre los contaminantes en México va en ascenso en los últimos tres años, para el 2022 se publicaron 59 documentos (figura 3B).

En la Figura 4 se muestran los diferentes tipos de estudios sobre CE; se identificaron tres grupos de acuerdo con la investigación realizada: *efectos en la salud humana y ambiental, detección y monitoreo y degradación o retención*. Es importante mencionar que en algunas de las investigaciones se evaluaron más de un grupo de contaminantes emergentes. En los tres grupos se observó que los compuestos farmacéuticos son los CE más estudiados, es interesante observar que hay muy pocas investigaciones relacionadas con los plaguicidas, esto puede ser debido a que la terminología de “contaminantes emergentes” es relativamente nueva y no ha sido usada en los estudios aplicados por lo que no hubo una fuerte aparición de este tipo de contaminantes.

Figura 3. *Tendencia de publicaciones sobre contaminantes emergentes en México. A) Principales centros académicos y de investigación en México para el estudio de contaminantes emergentes. B) Años y cantidad de publicaciones científicas sobre contaminantes emergentes en México.*

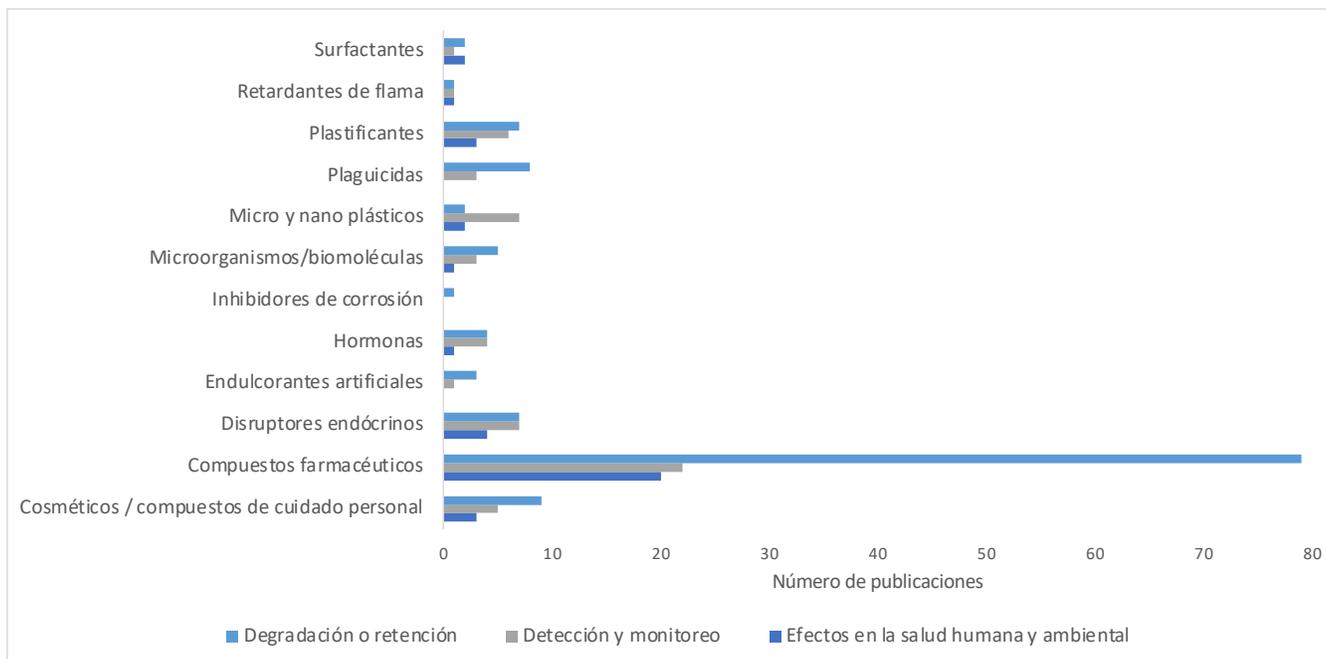


Fuente: elaboración propia

El segundo tipo de contaminantes emergentes con mayor presencia en los diferentes grupos de investigación corresponde a los agentes plastificantes, seguido de disruptores endócrinos y hormonas. Es interesante observar que algunos de los agentes plastificantes tienen actividad

como disruptores endócrinos, tal es el caso del bisfenol A, por lo que el interés en el estudio de este tipo de contaminantes ha crecido notoriamente debido a su impacto sobre la salud humana, su presencia en el ambiente y cómo poder retenerlos o degradarlos.

Figura 4. Frecuencia de trabajos científicos para los CE por tipo de investigación.



Fuente: elaboración propia

PERSPECTIVAS

Hasta la fecha del estudio, el año con mayor número de publicaciones fue el 2022, consideramos que este número aumentará para los años siguientes debido al interés creciente en el estudio de los CE. El estudio de los compuestos farmacéuticos resultó ser de mucha relevancia para los investigadores, dado que la industria farmacéutica y agropecuaria juegan un papel crucial en la generación y disposición de CE. Es de importancia resaltar que la mayoría de los estudios documentados sobre CE son artículos de revisión sobre el estado del arte en tecnologías de remoción, monitoreo y

toxicidad. Los trabajos experimentales han sido documentados con muestras modelo y ensayos controlados de laboratorio. Pocos estudios han sido realizados en alguna zona del país con muestras reales para determinar la presencia, distribución, impacto o eliminación de los CE. Por lo anterior, existe una necesidad real de profundizar en los estudios sobre el impacto en los ecosistemas, el monitoreo de la presencia y distribución de los CE así de la eficiencia de las tecnologías de eliminación en condiciones ambientales.

REFERENCIAS

- Colás-Ruiz, N. R., Ramirez, G., Courant, F., Gomez, E., Hampel, M., & Lara-Martín, P. A. (2022). Multi-omic approach to evaluate the response of gilt-head sea bream (*Sparus aurata*) exposed to the UV filter sulisobenzone. *Science of The Total Environment*, 803, 150080. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150080>
- González-González, R. B., Sharma, P., Singh, S. P., Américo-Pinheiro, J. H. P., Parra-Saldívar, R., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2022). Persistence, environmental hazards, and mitigation of pharmaceutically active residual contaminants from water matrices. *Science of The Total Environment*, 821, 153329. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153329>
- Koch, N., Islam, N. F., Sonowal, S., Prasad, R., & Sarma, H. (2021). Environmental antibiotics and resistance genes as emerging contaminants: Methods of detection and bioremediation. *Current Research in Microbial Sciences*, 2, 100027. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crimi-cr.2021.100027>
- Lozano, I., Pérez-Guzmán, C. J., Mora, A., Mahlkecht, J., Aguilar, C. L., & Cervantes-Avilés, P. (2022). Pharmaceuticals and personal care products in water streams: Occurrence, detection, and removal by electrochemical advanced oxidation processes. *Science of The Total Environment*, 827, 154348. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154348>
- Parida, V. K., Saidulu, D., Majumder, A., Srivastava, A., Gupta, B., & Gupta, A. K. (2021). Emerging contaminants in wastewater: A critical review on occurrence, existing legislations, risk assessment, and sustainable treatment alternatives. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(5), 105966. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105966>
- Sangkham, S., Faikhaw, O., Munkong, N., Sakunkoo, P., Arunlertaree, C., Chavali, M., Mousazadeh, M., & Tiwari, A. (2022). A review on microplastics and nanoplastics in the environment: Their occurrence, exposure routes, toxic studies, and potential effects on human health. *Marine Pollution Bulletin*, 181, 113832. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113832>
- Tapia-Salazar, M., Diaz-Sosa, V. R., & Cárdenas-Chávez, D. L. (2022).

Toxicological effect and enzymatic disorder of non-studied emerging contaminants in *Artemia salina* model. *Toxicology Reports*, 9, 210–218.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.01.007>