

Más allá de lo evidente:
Explorando los

Contaminantes Emergentes

Nidya Díaz Camal, Hariz Islas Flores,
Itzayana Pérez Álvarez,
Jesús Daniel Cardoso Vera

¿Qué son los contaminantes emergentes?

Calificar una sustancia como “emergente” puede ser complicado. Según la Real Academia Española, esta palabra significa que algo nace, sale o tiene su origen en otra cosa. En el ámbito de la contaminación, el concepto de contaminante emergente (CE) se refiere a compuestos de diverso origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa refiriéndose a su concentración y distribución. Estos contaminantes pueden pasar desapercibidos o solo ser detectables mediante técnicas novedosas y muy sensibles.

¿Qué propiedades tienen los contaminantes emergentes?

La mayoría de estos compuestos, suelen tener propiedades fisicoquímicas similares, como alta solubilidad en el agua y baja degradación biológica. Es importante destacar que, al pasar por las plantas de tratamiento de aguas residuales, muchos de estos contaminantes no son eliminados, ya que estas instalaciones no fueron diseñadas para tratar este tipo de sustancias. Como resultado, una gran parte de estos compuestos, junto con sus subproductos metabólicos o debidos al efecto del medio ambiente, pueden persistir en el agua tratada e ingresar a través de los efluentes a los ríos, lagos y a otros cuerpos de agua, lo que puede tener efectos negativos en la vida acuática y en la salud humana (Figura 1).



Figura 1. Representación del recorrido, destino y repercusión de los CE en el medio ambiente.

Dentro del ámbito científico, una sustancia que hace una o dos décadas se consideraba un problema importante de contaminación ambiental puede que ya no lo sea hoy en día. Esto puede deberse a varios factores como la reducción de su consumo, la regulación de su presencia en el ambiente o la mejora en los procesos de remoción de aguas residuales, entre otros.

Impacto en el medio ambiente y la salud humana

En el libro “Primavera silenciosa” de 1962, escrito por Rachel Carson se aborda por primera vez la problemática de los CE. Carson descubrió que el uso generalizado del diclorodifeniltricloroetano (DDT) empleado para combatir los mosquitos y otras plagas, tenía efectos colaterales como la muerte de miles de aves. En aquel momento, Carson fue severamente juzgada por atreverse a cuestionar todos los hábitos que tiene la sociedad para generar su propio beneficio sin ser conscientes del desequilibrio y daño generado al medio ambiente. El tiempo le dio la razón y el DDT se prohibió posteriormente, sin



embargo, durante la segunda guerra mundial, se empleó deliberadamente aun cuando conocían los daños que podría causar, pero esa ya es otra historia.

Un ejemplo histórico de contaminante emergente es el plomo (Pb). Este metal pesado fue explotado en cantidades importantes por parte de los antiguos romanos quedando evidencia registrada en el hielo polar de la época del imperio. Sin embargo, a pesar de su uso generalizado, la población no era consciente de los riesgos que este metal podría representar a la salud ni de cómo medir los niveles en su entorno. Fue hasta la década de los 70's que el plomo fue clasificado como un contaminante de alto riesgo, regulando su uso.

Con estos dos ejemplos de CE de distintas épocas nos hacemos las preguntas ¿Es posible asignar un orden de prioridad a la investigación de CE? ¿Cómo podríamos definir los criterios o normas medioambientales para estas sustancias de las que, generalmente, se tienen pocos conocimientos sobre su comportamiento, persistencia en el medio ambiente y efectos tóxicos en el medio ambiente y en la salud humana? La respuesta es que no se puede priorizar ni regular lo que no se conoce.

Regulación y gestión de contaminantes emergentes

Los criterios de calidad ambiental y la normativa están estrechamente ligados a la investigación de los CE, esto es, cuando un compuesto comienza a generar preocupación, se produce información sobre sus propiedades fisicoquímicas, de su comportamiento en el medio ambiente, sobre su toxicidad ambiental y epidemiológica. Lo esperado es que, con esta información, los gobiernos adopten medidas para establecer normativas que regulen los límites de concen-

tración de estas sustancias en el medio ambiente para garantizar una protección adecuada.

Hoy en día, los contaminantes emergentes abarcan una amplia gama de sustancias, como productos farmacéuticos y de cuidado personal, retardantes de llama, fragancias, pesticidas, compuestos perfluoroalquílicos, siloxanos, parafinas cloradas y, más recientemente, los plásticos y los microplásticos, entre muchos otros. Ahora te daremos algunos ejemplos de objetos que la mayoría de nosotros poseemos o están involucrados con actividades que hacemos como parte de nuestra rutina diaria.

Objetos que tenemos en casa como alfombras, ciertas prendas de vestir, papeles, cartones de embalaje en los que llegan nuestros productos adquiridos por internet están recubiertos por sustancias químicas que repelen aceite, grasas y agua (perfluoroalquilos). Estas sustancias se han encontrado en el aire en forma de polvo, en aguas superficiales, mantos acuíferos, en el suelo y sedimentos, inclusive en lugares remotos tales como el ártico y en los océanos ya que debido a sus características fisicoquímicas pueden ser transportados largas distancias.

Acciones para reducir la contaminación por contaminantes emergentes

En años recientes, las industrias han cesado la producción de algunas de estas sustancias o han iniciado cambios en los procesos de manufactura con el fin de reducir su cantidad en sus productos, para que finalmente se reduzca la presencia de estos en las descargas de aguas residuales. A principios del siglo XXI se detectaron perfluoroalquilos en un 98 % de muestras de sangre tomadas de la población general. Datos

más recientes indican que aún hay extensa exposición; sin embargo, los niveles de estas sustancias en la sangre parecen estar disminuyendo. La principal vía de contacto con estas sustancias es a través de los alimentos, pero también se ha reportado su presencia en el aire y el agua potable. Estos CE se han detectado incluso en leche materna humana, por lo que los bebés también están expuestos, mientras que los niños en edad preescolar podrían estar expuestos al llevarse las manos a la boca después de estar en contacto con alfombras tratadas con perfluoroalquilos.

Además de los perfluoroalquilos, existen muchos otros compuestos de distinto origen químico que se encuentran en todo nuestro ecosistema, desde los polos norte y sur hasta las grandes ciudades, hablamos de los productos farmacéuticos como el antibiótico ciprofloxacino, que apareció 2015 en la primera lista de vigilancia de CE emitida por la Comisión Europea, la cual ha publicado varias listas de vigilancia a lo largo de los años. En 2020 ingresó a esta lista, entre otras sustancias, el antidepresivo venlafaxina, mientras que en la lista más reciente (2022) se pueden observar medicamentos antidiabéticos como la metformina o el anticonceptivo hormonal levonogestrel. Así mismo, sustancias que consumimos y utilizamos en nuestra rutina diaria como la cafeína (incluida en el café y muchas infusiones herbales como los tés), o productos de cuidado personal como los protectores solares (benzofenonas), también han sido detectados y reportados en el medio acuático y sedimentos. Un ejemplo importante en nuestro país es la detección de anti-inflamatorios no esteroideos como el ibuprofeno, el diclofenaco y el naproxeno en el agua de la presa Madín en el Estado de México.

Instituciones dentro de nuestro país y a nivel mundial han realizado estudios de efectos toxicidad de CE, en los que se exponen organis-

mos acuáticos como modelos biológicos a diferentes concentraciones de estos contaminantes con el fin de observar su desarrollo e inclusive caracterizar alteraciones genéticas como las malformaciones (Fig. 2).

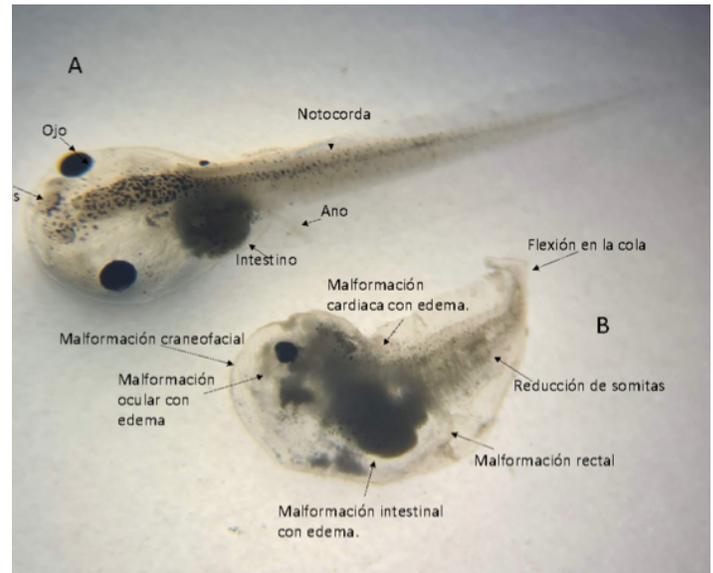


Figura 2. Larvas de *Xenopus laevis* de 96 h post-fertilización, (etapa 45 de Nieuwkoop-Faber). A Larva que perteneció al grupo control. B Larva expuesta a 2.004 mg de fluoxetina en la que se observan distintas malformaciones craneofacial, ocular, cardíaca, intestinal, rectal, reducción de somitas y flexión en la cola.

Perspectivas futuras y recomendaciones

Debemos tener muy claro que cada acción como sociedad representa un impacto importante en el medio ambiente y en la huella ecológica que dejamos como humanidad. Un planeta libre de contaminantes parece una utopía, pero puede alcanzarse si se convierte en el objetivo al que todos nos enfocamos en cada acción que realizamos de forma individual. Disminuir la contaminación que generamos está en manos de cada uno de nosotros. Para lograrlo es necesario modificar nuestros hábitos para ayudar a reducir nuestros desechos.

Algunas propuestas que, si todos las tomamos en consideración, nos podrían ayudar a vivir con una mejor calidad de agua, de aire e incluso de clima son las siguientes:

- Disminuye y racionaliza el uso del agua y de la energía eléctrica.
- Desecha los medicamentos en los lugares apropiados como farmacias y hospitales.
- Desecha las baterías y aparatos eléctricos en los lugares apropiados, a veces las mismas tiendas que los venden, reciben estos productos cuando ya no funcionan.
- Utiliza de preferencia el transporte público o comparte con conocidos tu vehículo cuando tengan un destino similar.
- Compra productos locales.
- Recicla.
- Reduce el consumismo.
- Reutilizar los productos que aún le puedan servir a alguien más en forma de donaciones o incluso podrías venderlos.

Una vez que conocemos el complejo problema de la contaminación por CE, no debemos ignorarlo, plática con tus amigos, investiga y ayudemos a crear soluciones para que en el presente y el futuro podamos asegurar a las siguientes generaciones un planeta sustentable.

Referencias

Baz, L.G.C., 2019. Contaminantes emergentes. Impacto sobre la salud y el medio ambiente. Universidad complutense.

Carson, R., 1994. Silent Spring. Creest Book. [https://doi.org/10.1016/0027-5107\(77\)90059-8](https://doi.org/10.1016/0027-5107(77)90059-8)

Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., Darío Gutiérrez, O., 2012. Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments. Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos 7, 52-73.

Lucila, I., María, I., & Argelia, M. (2015). Ecofarmacovigilancia en México: perspectivas para su implementación. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 46(3), 16-40.

Morin-Crini, N., Lichtfouse, E., Liu, G., Balaram, V., Ribeiro, A. R. L., Lu, Z., Stock, F., Carmona, E., Teixeira, M. R., Picos-Corrals, L. A., Moreno-Piraján, J. C., Giraldo, L., Li, C., Pandey, A., Hocquet, D., Torri, G., & Crini, G. (2022). Worldwide cases of water pollution by emerging contaminants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(4), 2311-2338. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01447-4>

Reinoso, J. del C., Serrano, C.Y., Orellana, D.F., 2017. Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. Emerging contaminants and its impact on the health. *Rev. la Fac. Ciencias Médicas de la Univ. Cuenca* 35, 55-59.

Santos, L.H.M.L.M., Rodríguez-Mozaz, S., Barceló, D., 2021. Microplastics as vectors of pharmaceuticals in aquatic organisms - An overview of their environmental implications. *Case Stud. Chem. Environ. Eng.* 3. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100079>

Souza, R.C., Godoy, A.A., Kummrow, F., dos Santos, T.L., Brandão, C.J., Pinto, E., 2021. Occurrence of caffeine, fluoxetine, bezafibrate and levothyroxine in surface freshwater of São Paulo State (Brazil) and risk assessment for aquatic life protection. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28, 20751-20761. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11799-5>

Taylor, D., Senac, T., 2014. Human pharmaceutical products in the environment - The "problem" in perspective. *Chemosphere* 115, 95-99. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.01.011>

Tejada, C., Quiñonez, E., Peña, M., 2014. Contaminantes Emergentes en Aguas: Metabolitos de Fármacos. Una Revisión. *Rev. Fac. Ciencias Básicas* 10, 80. <https://doi.org/10.18359/rfcb.341>

UNESCO. (2023). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2023: alianzas y cooperación por el agua ; datos, cifras y ejemplos de acción. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_spa

Mtra. Nidya Díaz Camal. Lic. en Bioquímica Diagnóstica, por la UNAM, FES Cuautitlán, Mtra. y actualmente doctorante en Ciencias y Tecnología Farmacéuticas en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UEMx).

Dra. Hariz Islas Flores. Lic. En QFB., Mtra. y Dra. en Ciencias Químicas por la UAEMéx, actualmente profesora e investigadora en la Facultad de Química de dicha universidad, bajo las líneas de investigación de Toxicología Ambiental y Ecofarmacovigilancia.

Dr. Jesús Daniel Cardoso Vera. Lic. En QFB., Mtro. en Ciencias Químicas y Dr. en Ciencias y Tecnología Farmacéuticas por la UAEMéx y actualmente Posdoctorante en la misma Universidad.

Dra. Itzayana Pérez Álvarez. Lic. En QFB., Mtra. y Dra. en Ciencias y Tecnología Farmacéuticas por la UAEMéx, Facultad de Química y actualmente docente en la Facultad de Medicina de la misma Universidad.