

Medicamentos y sus consecuencias como contaminantes emergentes

María E. Zarazúa-Morín(†) María Rocío Alfaro-Cruz* Leticia Myriam Torres-Martínez**

ORCID: 0000-0003-3328-0240

ORCID: 0000-0002-7306-2240

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.123-1>

*Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México. Contacto: MALFAROC@uanl.edu.mx

**Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C. Chihuahua, México. Contacto:lettorresg@yahoo.com

CONTAMINANTES EMERGENTES: MEDICAMENTOS

Cuando hablamos y escuchamos de la contaminación ambiental, siempre hacemos referencia a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y de gases de efecto invernadero, los cuales han afectado gravemente a la humanidad. Sin embargo, una gran parte de ella proviene de los procesos industriales y de los desechos que nosotros generamos cada día. En este sentido, los residuos provenientes de industrias textiles y farmacéuticas, hospitales, hogares, o productos de cuidado personal, son considerados contaminantes emergentes. Éstos no pueden eliminarse fácilmente en las plantas de tratamiento o purificadoras de agua, ya que en su mayoría tienen estabilidad química.

Desafortunadamente no están regulados o normados, y no cuentan con un límite de descarga establecido por alguna institución, por lo que su presencia en cuerpos hídricos y suelos puede exceder los límites permitidos a una persona (Delgado-Ortega, 2016). Es por esto que las organizaciones reguladoras los clasifican como un problema prioritario, debido a que causan un efecto negativo a largo plazo en la biodiversidad, los hábitats, el desarrollo de resistencias bacteriológicas, entre otras (Villota, Lomas y Camarero, 2016).

Dentro de los principales contaminantes emergentes encontramos a los fármacos, compuestos sumamente necesarios en la sociedad. Sin embargo, el cuerpo humano no posee la capacidad de procesarlos totalmente y una buena parte de éstos termina en for-



ma de desecho en diferentes acuíferos, filtrándose en los mantos subterráneos y suelos, perturbando no sólo al ecosistema, también la salud (Wu, Zhang y Chen, 2012), lo que desencadena el consumo de más drogas y nuevamente comienza el ciclo de degradación de agua y suelos.

Los fármacos más empleados son naproxeno, ibuprofeno, diclofenaco, eritromicina, trimetoprima, sulfametoxazol, ciprofloxacina, acetaminofén, etcétera, los cuales, al ser eliminados en cantidades no reguladas, ensucian cuerpos subterráneos y suelos. Por ejemplo, se ha reportado que el diclofenaco daña la reproductividad en algunos peces, sus funciones cardiacas y modifican su comportamiento para nadar, mientras que el naproxeno altera su desarrollo y morfología. Por otro lado, la progesterona es altamente dañina en la fauna acuática, ya que causa la masculinización, disminuye la fertilidad en las hembras y trastorna los genes relacionados con la reproducción. En el caso de algunos microorganismos, se ha encontrado que el ibuprofeno mengua su crecimiento, modifica su estructura y morfología y además decrece las concentraciones de clorofila, inhibiendo el proceso de fotosíntesis. Mientras que el acetaminofén (paracetamol) reduce la acumulación de clorofila y la síntesis de proteínas en las plantas (López-Pacheco *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021). En la tabla I se presenta un resumen de diferentes productos que adulteran el agua y el suelo.

Durante la pandemia, la Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas (Anadim) reportó que los medicamentos más recetados en México fueron la ivermectina (651.7%), oseltamivir (321.9%), dexametasona (169.9%), azitromicina (75.8%) (Anadim, 2022), ya que todos éstos ayudaban en los síntomas presentados por la enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2 (figura 1).

Desde hace años la ivermectina ha sido utilizada en la desparasitación en el sector ganadero, por lo que ya se han investigado las afectaciones que causa en la salud humana y en la biodiversidad (José Manuel *et al.*, 2011). Uno

Tabla I. Productos de cuidado personal, drogas, productos agrícolas, etcétera, contaminantes y nocivos para el ecosistema.

Producto	Uso	Consecuencias	Referencias
Atrazina.	Herbicida utilizado para matar malezas en varios cultivos como caña de azúcar, maíz, piña y sorgo.	<ul style="list-style-type: none"> Alteraciones genéticas. Incrementa la probabilidad de cáncer, angiogénesis y alteraciones neuronales. En cangrejos de agua de río provoca desequilibrio hormonal afectando la reproductividad de la especie. 	(Wirbisky y Freeman, 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Carbendacima.	Fungicida utilizado en agricultura.	<ul style="list-style-type: none"> Alteraciones genéticas. Reduce la tasa de reproducción de los crustáceos planctónicos. Altera el sistema endocrino de las células embrionarias del pez cebra. 	(Jiang <i>et al.</i> , 2014; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Cocaína.	Sustancia ilegal.	<ul style="list-style-type: none"> Altera el transporte de lípidos y la respuesta al estrés en el pez cebra. Modifica el perfil de lípidos, los reguladores de la estructura y las funciones neuronales de los ratones. 	(Lin <i>et al.</i> , 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Anfetaminas.	Sustancia ilegal que estimula el sistema nervioso central.	<ul style="list-style-type: none"> Afecta la hipermovilidad, incrementa el movimiento errático y afecta la dirección en el movimiento del pez cebra. 	(Kyzar <i>et al.</i> , 2013; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Benzoilecgonina.	Analgésico utilizado en la industria farmacéutica.	<ul style="list-style-type: none"> Se puede transmitir a los fetos de rata a través de la sangre materna. En moluscos de agua dulce, afecta la estabilidad de la membrana lisosomal y desequilibra la actividad de las enzimas. 	(Morishima, Okutomi y Ishizaki, 2001; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Triclosán.	Antimicrobial utilizado en productos de cuidado personal, geles antibacteriales, pasta de dientes, etcétera.	<ul style="list-style-type: none"> En cierto tipo de ranas ha afectado la proporción de sexo en las especies, interrumpiendo el desarrollo gonadal. En ratones induce tumores que regulan el proceso que aumenta la síntesis de ADN en el hígado. 	(Chen <i>et al.</i> , 2017; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).
Lauril éter sulfato de sodio.	Surfactante utilizado en el cuidado personal.	<ul style="list-style-type: none"> Tóxico al unirse a enzimas, proteínas estructurales, o al cambiar la hidrofobicidad de las células bacterianas. Afecta microorganismos acuáticos causando inhibición en el crecimiento de las microalgas marinas. 	(Sibila <i>et al.</i> , 2008; López-Pacheco <i>et al.</i> , 2019).

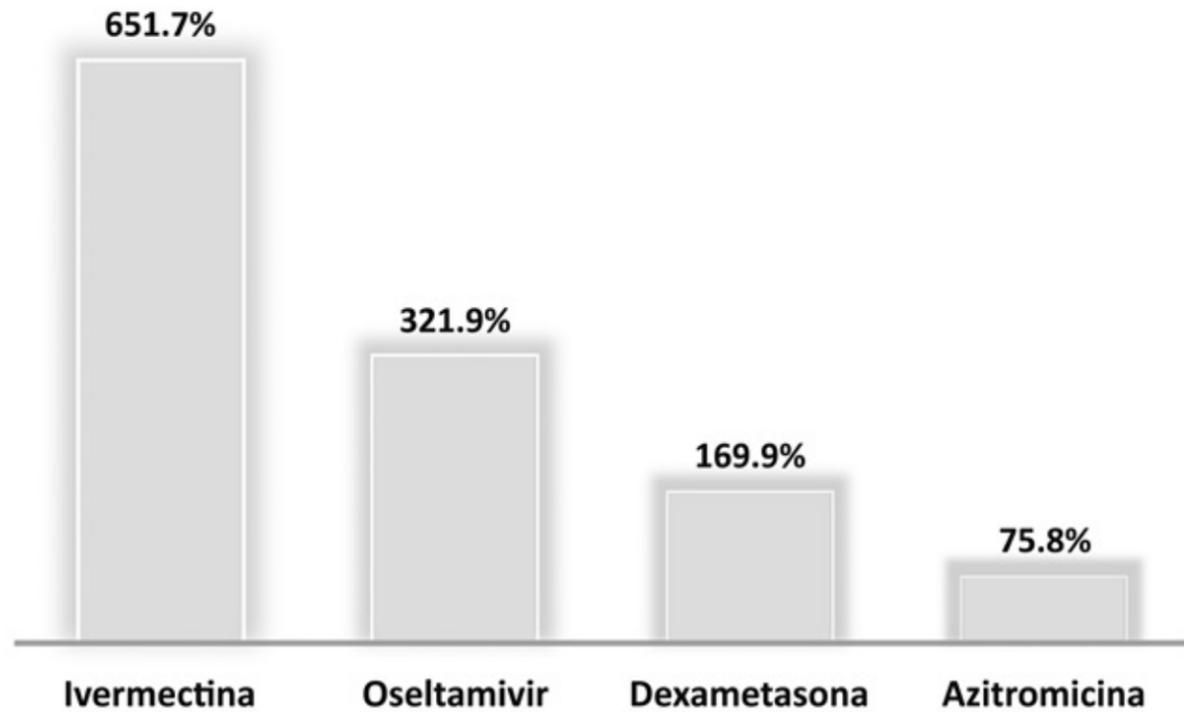


Figura 1. Medicamentos más utilizados en México durante la pandemia (Anadim, 2022).

de sus efectos es la contracción en las tasas de reproducción en avispas, moscas, insectos, lombrices terrestres y ácaros. Mientras que, en peces, como el cebrá, se han encontrado embriones con anomalías, además de variaciones en las respuestas bioquímicas y de comportamiento (Acevedo-Ramírez y Torres-Gutiérrez, 2020).

Por otro lado, los antidepresivos han intensificado su consumo en los últimos años, éstos permiten el equilibrio en las sustancias químicas del cerebro, ayudando a resolver problemas del estado de ánimo: la depresión, la ansiedad, el dolor y la dificultad para dormir. Sin embargo, al igual que los antes mencionados, los antidepresivos perjudican significativamente a los animales acuáticos

que se encuentran en los efluentes. En 2021, Reisinger y colaboradores reportaron el cambio en el comportamiento de los cangrejos de río expuestos a niveles moderados de citalopram (inhibidor selectivo de la recaptación de serotonina, ISRS). Ya que los cangrejos que estuvieron expuestos a éste pasaron más tiempo buscando comida y menos escondidos, lo que los puede hacer más vulnerables a los depredadores, y por consecuencia estropean los ecosistemas acuáticos (Reisinger *et al.*, 2021).

El Prozac o fluoxetina es un inhibidor selectivo de la recaptación de serotonina (ISRS), que puede reducir la capacidad de alimentación de los estorninos, pues al sustentarse de orugas, gusanos

y moscas que se encuentran en diferentes cuerpos de agua, si éstos no están limpios, hay daño en los depredadores. En 2020, Hung Tan y colaboradores encontraron que las aves expuestas al Prozac cambian sus hábitos dietéticos, lo que podría alterar no sólo su peso, también los riesgos que toman o no al buscar comida, además de que modifican su comportamiento social (Tan *et al.*, 2020).

En este sentido, hay una enorme cantidad de medicamentos consumidos diariamente, cuyas consecuencias al medio ambiente cuando son depositados como residuos al agua o al suelo aún no se estudian, por lo que es difícil resumir la cantidad de contaminantes emergentes que se encuentran en los diferentes ecosistemas. Desafortunadamente, toda la polución derivada de estos desechos no será corregida con facilidad, pues con el surgimiento de nuevas enfermedades, por ejemplo, el SARS-CoV-2, una gran parte de la población consumimos antibióticos y medicamentos para el dolor, acentuando así la alteración por fármacos en el agua y suelos.

Asimismo, la pandemia fomentó los casos de depresión en la sociedad en los últimos años (Depresión, 2021), lo que ha provocado un aumento en el consumo de antidepresivos, incrementando a su vez la contaminación en los efluentes previamente corrompidos con productos de uso personal, drogas, analgésicos, medicamentos oncológicos, etcétera.





REFERENCIAS

- Acevedo-Ramírez, P.M. del C., y Torres-Gutiérrez, E. (2020). Efectos ambientales de la ivermectina: un medicamento propuesto para tratar COVID-19. *Nuestra Tierra*. 33:3-6. Disponible en: http://www.erno.geologia.unam.mx/uploads/nuestra-tierra/archivos/33/Revista_Nuestra_Tierra_No.33.pdf
- Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas. (2022). Asociación Nacional de Distribuidores de Medicinas. Disponible en: <https://anadim.mx/>
- Chen, J., *et al.* (2017). Effects of triclosan on gonadal differentiation and development in the frog *Pelophylax nigromaculatus*. *J. Environ. Sci.* 64(2018):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.05.040>.
- Delgado-Ortega, H.S. (2016). *Análisis de la exposición de compuestos emergentes en varios escenarios de usos del agua*. España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Depresión. (2021). *Organización Mundial de la Salud*. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/depression>.
- Jiang, J., *et al.* (2014). Fish & Shellfish Immunology Embryonic exposure to carbendazim induces the transcription of genes related to apoptosis, immunotoxicity and endocrine disruption in zebra fish (*Danio rerio*). *Fish Shellfish Immunol.* 41:493500. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.09.037>
- José Manuel, A.-M. *et al.* (2011). Effect of Ivermectin on the Environment. *Revista Científica*. 11: 64-66. Disponible en: www.una.edu.ni/diep/calera.
- Kyzar, E., *et al.* (2013). Behavioral effects of bidirectional modulators of brain monoamines reserpine and d-amphetamine in zebra fish. *Brain Res.* 1527:108-116. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2013.06.033>
- Lin, Y., *et al.* (2017). Cocaine modifies brain lipidome in mice. *Mol. Cell. Neurosci.* 85:29-44. <https://doi.org/10.1016/j.mcn.2017.08.004>
- López-Pacheco, IY., *et al.* (2019). Anthropogenic contaminants of high concern: Existence in water resources and their adverse effects. *Sci Total Environ.* 690:1068-1088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.052>
- Morishima, HO., Okutomi, T., Ishizaki, A. (2001). The disposition of benzoylecgonine in maternal and fetal rats. *Neurotoxicol Teratol.* 23:247-253.

- Reisinger, A.J., *et al.* (2021). Exposure to a common antidepressant alters crayfish behavior and has potential subsequent ecosystem impacts. *Ecosphere*. 12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3527>
- Sibila, M.A., *et al.* (2008). Ecotoxicity and biodegradability of an alkyl ethoxysulphate surfactant in coastal waters. *Sci. Total Environ.* 394:256-274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.01.043>
- Tan, H., *et al.* (2020). Chronic exposure to a pervasive pharmaceutical pollutant erodes among-individual phenotypic variation in a fish. *Environ. Pollut.* 263:114450. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114450>
- Villota, N., Lomas, J.M., Camarero, L.M. (2016). Study of the paracetamol degradation pathway that generates color and turbidity in oxidized wastewaters by photo-Fenton technology. *J. Photochem Photobiol A.* 329:113-119. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.06.024>
- Wirbisky, S.E., Freeman, J.L. (2017). Atrazine exposure elicits copy number alterations in the zebra fish genome. *Comp. Biochem. Physiol C Toxicol. Pharmacol.* 194:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2017.01.003>
- Wu, S., Zhang, L., Chen, J. (2012). Paracetamol in the environment and its degradation by microorganisms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 96:875-884. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4414-4>
- Zhang, L.J., *et al.* (2021). Ecological and toxicological assessments of anthropogenic contaminants based on environmental metabolomics. *Environ Sci. Ecotechnol.* 5:100081. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2021.100081>.

Recibido: 27/11/2022
Aceptado: 12/06/2023

Descarga aquí nuestra versión digital.

