

Contaminantes emergentes y su impacto en la salud.

Emerging contaminants and its impact on the health.

■
Julieta del Carmen Reinoso Carrasco¹,
Clara Yamilet Serrano Delgado¹,
Danilo Fernando Orellana Cobos²

VOLUMEN 35 / N°2 / DICIEMBRE 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 10/11/ 2016

FECHA DE APROBACIÓN: 15/11/2017

FECHA DE PUBLICACIÓN: 14/12/2017

ARTÍCULO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE

CONFLICTO DE INTERESES:
LOS AUTORES DECLARAN QUE NO EXISTE
CONFLICTO DE INTERESES.

-
1. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca.
 2. Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de Cuenca.

Correspondencia:
julieta.reinoso@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

El desarrollo industrial de las últimas décadas, ha traído como consecuencia la acumulación de sustancias que provocan daño en el medio ambiente y la salud. Actualmente, se han detectado sustancias que siempre han estado presentes, pero que han pasado desapercibidas por falta de técnicas adecuadas para su identificación, a las cuales se les llama "contaminantes emergentes", entre ellas se encuentran productos como: fármacos, plaguicidas, cosméticos, artículos de limpieza y aseo personal entre otros. Este artículo presenta una revisión de la evidencia disponible y la importancia del estudio de los contaminantes emergentes y su impacto en el medio ambiente y en la salud. Los contaminantes emergentes, son sustancias que a pesar de que pueden ser biodegradables, son muy peligrosas para el ambiente y el organismo humano debido a su bioacumulación y persistencia. Otro grave problema radica en el hecho de que actualmente, las plantas de tratamiento de aguas residuales, no los eliminan, por lo que es importante el desarrollo de nuevas tecnologías de depuración.

Palabras clave: Contaminantes químicos, contaminantes físicos, contaminantes ambientales, Disruptores Hormonales, tensoactivos.

ABSTRACT

The industrial development of the last decades has caused the accumulation of substances that damage the environment and health. Recently, some substances have been detected, they have always been present, but they have gone unnoticed due to a lack of adequate techniques for their identification, which are called "emerging contaminants", including products such as drugs, pesticides, cosmetics, cleaning and personal hygiene items, among others.

This article presents a review of the available evidence and the importance of the study of emerging contaminants and their impact on the environment and health. The emerging contaminants are substances that although

they can be biodegradable, are very dangerous for the environment and the human organism due to their bioaccumulation and persistence. Another serious problem lies in the fact that the current water treatment plants do not eliminate them, so the development of new purification technologies is important.

Key Words: Chemical Pollutants, Physical Contaminants, Environmental Pollutants, Hormonal Disruptors, Surface-Active Agents.

INTRODUCCIÓN

Los contaminantes emergentes son compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente y los posibles daños que podrían ocasionar, han pasado en gran parte inadvertidos⁽¹⁾. Sus posibles efectos contaminantes son de reciente estudio, desde hace aproximadamente diez años atrás cuando en los ríos de Alemania se encontraron varios fármacos y otras sustancias que no se consideraban como contaminantes; sin embargo, pueden ser potencialmente dañinas para el medio ambiente y lo que es peor no están reguladas, por lo que es necesario continuar con las investigaciones que permitan conocer el impacto que provocan tanto al medio ambiente como al organismo humano.

Al tratarse de sustancias tóxicas bioacumulables, son capaces de llegar incluso a los reservorios de agua de consumo humano a través de las vertientes residuales y corrientes subterráneas. Las técnicas actuales de depuración no son adecuadas para su detección y mucho menos para su eliminación, por lo que resulta imperante el desarrollo de procesos avanzados que permitan corregir este problema. Este hecho se demuestra en estudios realizados en los ríos y aguas subterráneas alrededor del mundo, en los que se ha encontrado que a pesar de que los contaminantes emergentes son sustancias heterogéneas tanto en su estructura química como en su uso, tienen en común el hecho de ser tóxicos para organismos acuáticos sobre los cuales provocan efectos negativos como por ejemplo, la feminización y hermafroditismo de algunas especies de peces o su acción como disruptores endocrinos por lo que deben ser eliminados del ambiente no solamente acuático, pues en últimos estudios se ha encontrado también contaminantes emergentes en el aire, sobre todo de ciudades modernas donde las industrias y el actual estilo de vida han ocasionado la contaminación del medio ambiente.

Estos compuestos se encuentran en bajas concentraciones (generalmente en partes por billón o partes por trillón) y casi todos siguen sin estar regulados o reglamentados en la mayoría de los países⁽²⁾.

¿QUÉ CONOCEMOS A CERCA DE LOS CONTAMINANTES EMERGENTES?

El término contaminantes emergentes (CECs), ha sido ampliamente utilizado desde inicios del año 2000, e implica posibles riesgos para los seres humanos y el medio ambiente incluyendo alteraciones endocrinas y neurotoxicidad⁽³⁾.

Para profundizar en el tema, se realizó un scoping review de acuerdo a la metodología descrita por Levac, Colquhoun y O'Brien⁽⁴⁾. Este tipo de revisiones exploran la evidencia disponible y ayudan a identificar lagunas en la literatura.

A continuación, se describe las etapas que se siguieron para esta revisión. En primer lugar, se formuló la pregunta de investigación: ¿Qué se encuentra en la literatura científica acerca de los contaminantes emergentes en relación con salud? Después se realizó la búsqueda de artículos científicos en las bases bibliográficas Pubmed, Scopus y Biblioteca Virtual de Salud, las palabras claves para la ecuación de búsqueda fueron: contaminantes emergentes, disruptores endocrinos, surfactantes; en aquellas bases bibliográficas que permiten el uso de límites se incluyeron los términos: salud, humanos, fecha (hasta Julio de 2016), idioma (español, inglés, portugués).

Se incluyeron los artículos que analizaban la relación entre contaminantes emergentes y salud, aguas residuales, aguas subterráneas y tratamiento de aguas; se excluyeron los artículos que analizaban únicamente técnicas de reconocimiento y artículos sin resumen disponible.

¿QUÉ NOS DEMUESTRAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS?

La contaminación del medio ambiente ha sido ampliamente estudiada durante varias décadas, por lo cual se han detectado los principales contaminantes que lo afectan, así como las causas de la contaminación y su impacto sobre el mismo, a estas sustancias actualmente se les denomina contaminantes prioritarios o convencionales para diferenciarlos de otras sustancias llamadas contaminantes emergentes. A pesar de que la presencia de los contaminantes emergentes en el entorno no es nueva, sus efectos en la salud humana y el medio ambiente son de reciente estudio, por lo que en la mayoría de países de Latinoamérica no existe aún la normativa legal adecuada que los regule; mientras que en Europa la Directiva del Parlamento (realizada en 2013) amplió la lista hasta 45 sustancias prioritarias de las cuales 21 son identificadas

como peligrosas; lo que refuerza la necesidad de buscar nuevas alternativas para la detección y eliminación correcta de estas sustancias en las plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales⁽⁵⁾.

Entre los contaminantes emergentes se incluyen residuos de productos de higiene personal y de limpieza, así como fármacos y drogas de abuso utilizados en hogares y hospitales, pues no todo es utilizado o absorbido por el organismo, llegando así a formar parte de las aguas residuales. Otras fuentes de contaminantes emergentes son: las industrias que eliminan sus desechos químicos, la agricultura por la utilización de plaguicidas y fertilizantes que son lavados por las aguas de riego y la ganadería debido a la asistencia veterinaria que utiliza grandes cantidades de medicamentos, en estos últimos casos no solo se contaminan las aguas de los ríos sino también las aguas subterráneas.

En el Congreso Nacional del Medio Ambiente 2014 en la exposición "Hacia el Vertido Cero gracias a la reutilización de aguas residuales en las Demarcaciones Hidrográficas de España" estudio realizado por Carlos Menor Salazar⁽⁶⁾, se detalla la ruta de exposición y eliminación de los contaminantes emergentes y su posible reincorporación a los diferentes compartimentos del medio ambiente.

En muchos países se han realizado investigaciones que determinan la presencia de los contaminantes emergentes en la entrada y salida de las plantas depuradoras, demostrándose que no es posible su completa eliminación, el problema radica en que se desconoce su toxicidad y la de sus metabolitos que en ocasiones es aún más fuerte.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de estos estudios: en el sistema de agua potable de Lisboa, se cuantificaron muestras de agua recolectadas desde el sistema de suministro EPAL (Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A.) encontrándose los siguientes analitos: carbamazepina, atenolol, sulfadiazina, sulfametazina, sulfapiridina, sulfametoxazol, paracetamol, cafeína y eritromicina⁽⁵⁾. En Inglaterra y Francia, los compuestos más frecuentemente detectados fueron desethyl atrazina (20% de las muestras), atrazina (12,5%), atrazina desisopropyl (9,6%), cafeína (8,7%), clorodibromometano, 2, 6-dichlorobenzamide (BAM), oxadixyl, carbamazepina y BPA (3,5%)⁽⁷⁾. En la cuenca del río Llobregat, en España, se han detectado diversos compuestos químicos entre los cuales se destacan: pesticidas, productos farmacéuticos y hormonas, sustancias perfluoradas, compuestos industriales, drogas de abuso y productos para el cuidado personal⁽⁸⁾. En fuentes de agua subterránea en Kabwe, Zambia se detectaron el repelente de in-

sectos DEET, el bactericida triclosan, subproductos de la cloración y trihalometanos y el tensioactivo 2,4,7,9-tetramethyl-5-decyne-4,7-diol⁽⁹⁾. En el río Grand de Canadá se han detectado edulcorantes artificiales que no han sido degradados a través de sistemas de tratamiento de aguas residuales y se descargan posteriormente a las aguas subterráneas y superficiales, entre los que se destacan: ciclamato, sacarina, sucralosa y acesulfamo⁽¹⁰⁾. En el Río Atibaia de São Paulo (Brasil), se han realizado estudios para la determinación de 15 contaminantes emergentes en aguas superficiales: acetaminofenol, ácido salicílico, diclofenac, ibuprofeno, cafeína, 17 β -estradiol, estrona, progesterona, 17 α -etinilestradiol, levonorgestrel, dietilo, ftalato de dibutilo, 4-Octilfenol, 4-nonilfenol y bisfenol⁽¹¹⁾. En aguas residuales de Montevideo, Uruguay se destaca la presencia de residuos de cafeína, nicotina paraxantina, teobromina, carbamazepina, ibuprofeno y acetaminofeno⁽¹²⁾.

A nivel local existe un solo estudio referente al tema realizado en base al análisis del agua de los ríos San Pedro, Guayllabamba y Esmeraldas, los cuales abastecen de líquido vital a la provincia de Esmeraldas y en su trayecto reciben las aguas residuales del Distrito Metropolitano de Quito. La investigación concluyó que a pesar de las múltiples sustancias encontradas (cafeína, sulfametoxazol, venlafaxina, O-desmetilvenlafaxina, esteroides estrógenos, benzoilecgonina), los mismos no afectan a la salud pues se encuentran en concentraciones sumamente bajas⁽¹³⁾.

Los contaminantes emergentes se han acumulado en los ecosistemas y a pesar de que se encuentran en bajas concentraciones pueden provocar factores de magnificación trófica, razón por la cual los organismos se han visto afectados de diversas maneras⁽¹⁴⁾, tales como alteración de las funciones endocrinas bloqueando o perturbando las funciones hormonales, lo que afecta a la salud de los seres humanos y de especies animales, por ejemplo en algunas especies de peces provoca el desarrollo de las gónadas de la intersexualidad y la reducción en fecundidad⁽¹⁵⁾ y en el ser humano influye en la función reproductiva, además puede afectar tiroides, próstata y tamaño de testículos, causando resistencia en patógenos bacterianos⁽²⁾. Sustancias como el Triclosan (TCS) y sus catabolitos que persisten debido a su bioacumulación en el ambiente pueden provocar la resistencia microbiana, irritaciones dérmicas, alteraciones endocrinas, mayor incidencia de alergias, alteración del metabolismo de la hormona tiroidea y el desarrollo de tumores⁽¹⁶⁾ o como el diclofenaco que es el responsable de la reciente destrucción de las poblaciones de buitres asiáticos debido a su persistencia de en el ambiente⁽¹⁷⁾.

Actualmente el déficit de agua dulce es un grave problema para la población, por lo que se investigan

estrategias para reciclar el agua de los efluentes de aguas residuales y procesarla para que sea apta para el consumo humano, sin embargo la presencia de contaminantes emergentes así como su destino durante los procesos de tratamiento constituyen una preocupación importante, razón por la cual se han desarrollado técnicas para detectarlos debido a que su identificación es extremadamente difícil y se necesita de equipos de elevada precisión⁽¹⁴⁾.

Una vez detectados los analitos es importante su eliminación para lo cual se utilizan diversos métodos entre los cuales se encuentran: tratamientos físico-químicos, tratamientos biológicos y procesos híbridos. Para los tratamientos físico-químicos los agentes químicos más empleados son aluminio, sales de hierro y polímeros. Adams y colaboradores. (2002)⁽¹⁸⁾, estudiaron la eliminación de siete antibióticos Carbadox, Trimethoprim y 5 clases de sulfonamidas - empleando sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$) y sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$). Huerta-Fontela y colaboradores. (2011)⁽¹⁹⁾, estudiaron la eliminación de 35 productos farmacéuticos y hormonas empleando un proceso de coagulación/floculación seguido de un filtro de arena. Utilizaron alumbre como coagulante y polidadmac (policloruro de dialildimetil amonio) como floculante. Existen además estudios en los que se utiliza otro tipo de adsorbentes, como zeolitas o nanotubos de carbono, bagazo de caña de azúcar, cáscara de cacao entre otras. También se han empleado para la eliminación de contaminantes emergentes tecnologías de membrana, tales como nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO), resultando eficaces para algunos de los microcontaminantes que se resisten a los métodos convencionales, ya que presentan buenas retenciones para compuestos orgánicos. Kimura y colaboradores. (2004)⁽²⁰⁾, estudiaron la eliminación de once compuestos correspondientes a disruptores endocrinos y compuestos farmacéuticos mediante RO. Otro proceso utilizado para la remoción de contaminantes emergentes es la ozonización debido a su alto potencial de oxidación, otra de las opciones de eliminación de contaminantes emergentes es el empleo de tecnologías híbridas, como biorreactores de membrana (MBR), y la combinación de éstos con otros métodos de eliminación⁽²¹⁾.

CONCLUSIONES

Los contaminantes emergentes son sustancias de reciente estudio a pesar de que su presencia en el ambiente no es nueva, entre los que se incluyen fármacos, drogas de abuso, cosméticos y surfactantes, utilizados en productos de aseo personal y limpieza del hogar, que no han sido detectadas hasta hace aproximada-

mente diez años cuando las técnicas analíticas así lo permitieron.

El experto español Damiá Barceló⁽¹⁾, explica la peligrosidad de los contaminantes emergentes considerando los siguientes parámetros: Persistencia ya que son resistentes a la degradación fotoquímica, biológica y/o química; bioconcentración puesto que si la sustancia tiene más afinidad con los tejidos que con el agua, puede alcanzar mayores concentraciones en los mismos; bioacumulación debido a que la concentración de las sustancias aumentan con el tiempo, por lo cual organismos más viejos presentan mayores concentraciones; biomagnificación, por el aumento de la concentración al avanzar en los eslabones de la cadena trófica; toxicología debido a los efectos negativos en la salud humana y animal; movilidad ambiental por su capacidad para trasladarse en el medio ambiente y sus transformaciones, lo que provoca que sustancias peligrosas se transformen en otras potencialmente más tóxicas.

El análisis bibliográfico realizado, demuestra la necesidad de mejorar el conocimiento sobre los contaminantes emergentes, siendo imprescindible obtener más datos para describir los efectos sobre la salud y su destino en el ecosistema, tal es el caso de los productos farmacéuticos y surfactantes utilizados en productos de higiene personal y limpieza, debido a que no están sujetos a evaluación ambiental antes de ser puestos en el mercado y a pesar de ser seguros para el uso humano, no queda totalmente definido su impacto sobre el medio ambiente. La Comisión Europea, está considerando incluir algunos productos farmacéuticos en su lista de sustancias prioritarias en las Normas de Calidad Ambiental. Otra situación a considerar, es la reutilización de aguas residuales tratadas y su posterior uso en el riego agrícola debido a que algunos contaminantes emergentes no se eliminan completamente con las técnicas de depuración actuales.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Julieta Reinoso (JR), Clara Serrano (CS), Danilo Orellana (DO) realizaron la revisión bibliográfica y escribieron el manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final del documento.

ABREVIATURAS

CECs: contaminantes emergentes. **EPAL:** Empresa Portuguesa das Águas Livres. **TCS:** triclosan. **NF:** nanofiltración. **RO:** ósmosis inversa. **MBR:** biorreactores de membrana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barceló D, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spain), editores. Aguas continentales. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 2008. 276 p. (Informes CSIS).
2. García-Gómez C, Gortáres-Moroyoqui P, Drogui P. Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción Emerging contaminants: effects and removal treatments. *Rev Química Viva*. 2011;10(2):96–105.
3. Halden RU. Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis. *J Hazard Mater*. enero de 2015;282:2-9.
4. Levac D, Colquhoun H, O'Brien KK. Scoping studies: advancing the methodology. *Implement Sci*. 2010;5(1):1.
5. Gaffney V de J, Cardoso VV, Rodrigues A, Ferreira E, Benoliel MJ, Almeida CM. Analysis of pharmaceutical compounds in water by SPE-UPLC-ESI-MS/MS. *Quím Nova*. 2014;37(1):138–149.
6. Salazar CM, de las Matas S. Hacia el Vertido Cero gracias a la reutilización de aguas residuales en las Demarcaciones Hidrográficas de España. [citado 8 de julio de 2016]; Disponible en: <http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711577.pdf>
7. Boix C, Ibáñez M, Fabregat-Safont D, Morales E, Pastor L, Sancho JV, et al. Analytical methodologies based on LC-MS/MS for monitoring selected emerging compounds in liquid and solid phases of the sewage sludge. *MethodsX*. 2016;3:333-42.
8. Banjac Z, Ginebreda A, Kuzmanovic M, Marcé R, Nadal M, Riera JM, et al. Emission factor estimation of ca. 160 emerging organic microcontaminants by inverse modeling in a Mediterranean river basin (Llobregat, NE Spain). *Sci Total Environ*. julio de 2015;520:241-52.
9. Sorensen JPR, Lapworth DJ, Nkhuwa DCW, Stuart ME, Gooddy DC, Bell RA, et al. Emerging contaminants in urban groundwater sources in Africa. *Water Res*. abril de 2015;72:51-63.
10. Spoelstra J, Schiff SL, Brown SJ. Artificial Sweeteners in a Large Canadian River Reflect Human Consumption in the Watershed. Iwata T, editor. *PLoS ONE*. 11 de diciembre de 2013;8(12):e82706.
11. Montagner CC, Jardim WF. Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil). *J Braz Chem Soc*. 2011;22(8):1452–1462.
12. Niell S, Colazzo M, Besil N, Cesio V, Heinzen H, others. Evaluación preliminar de la ocurrencia de contaminantes emergentes en aguas residuales de Montevideo, Uruguay. En: VII Congreso de Medio Ambiente [Internet]. 2013 [citado 8 de julio de 2016]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26665>
13. Carrión Cruz DA. El tratamiento de aguas residuales y su influencia en el derecho a un ambiente sano de los ciudadanos que habitan en el entorno del río Machán-gara al sur del Distrito Metropolitano de Quito en el año 2014. [B.S. thesis]. Quito: UCE; 2016.
14. Du B, Haddad SP, Luek A, Scott WC, Saari GN, Kristofco LA, et al. Bioaccumulation and trophic dilution of human pharmaceuticals across trophic positions of an effluent-dependent wadeable stream. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 13 de octubre de 2014;369(1656):20140058-20140058.
15. Niemuth NJ, Klaper RD. Emerging wastewater contaminant metformin causes intersex and reduced fecundity in fish. *Chemosphere*. septiembre de 2015;135:38-45.
16. Dhillon G, Kaur S, Pulicharla R, Brar S, Cledón M, Verma M, et al. Triclosan: Current Status, Occurrence, Environmental Risks and Bioaccumulation Potential. *Int J Environ Res Public Health*. 22 de mayo de 2015;12(5):5657-84.
17. Shore RF, Taggart MA, Smits J, Mateo R, Richards NL, Fryday S. Detection and drivers of exposure and effects of pharmaceuticals in higher vertebrates. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 13 de octubre de 2014;369(1656):20130570-20130570.
18. Adams C, Wang Y, Loftin K, Meyer M. Removal of Antibiotics from Surface and Distilled Water in Conventional Water Treatment Processes. *J Environ Eng*. marzo de 2002;128(3):253-60.
19. Huerta B, Rodríguez-Mozaz S, Nannou C, Nakis L, Ruhí A, Acuña V, et al. Determination of a broad spectrum of pharmaceuticals and endocrine disruptors in biofilm from a waste water treatment plant-impacted river. *Sci Total Environ*. enero de 2016;540:241-9.
20. Kimura K, Toshima S, Amy G, Watanabe Y. Rejection of neutral endocrine disrupting compounds (EDCs) and pharmaceutical active compounds (PhACs) by RO membranes. *J Membr Sci*. 1 de diciembre de 2004;245(1):71-8.
21. Patiño Y, Díaz E, García SO. Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento. *Av En Cienc E Ing*. 2014;5(2):1–20.