

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Contaminantes emergentes

Karina Galache · Wednesday, October 14th, 2020

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

El desarrollo tecnológico conlleva a la síntesis de compuestos químicos que permiten la implementación de nuevos materiales para productos y servicios, desarrollando principalmente compuestos orgánicos, lo cual significa una amenaza potencial para el medio ambiente y los seres vivos. A estos compuestos químicos se les denomina contaminantes “emergentes”, los cuales tienen distinto origen y naturaleza química. Se les considera “emergentes” por tener un origen contemporáneo, además de que las consecuencias de su presencia, impacto y tratamiento son poco conocidas [1].

En este amplio grupo de compuestos químicos se encuentran productos farmacéuticos, agentes tensoactivos, artículos de cuidado personal, plastificantes, aditivos industriales y pesticidas que no se incluyen dentro de los parámetros para la determinación de la calidad del agua y no existe legislación aplicable en su monitoreo [2].

Estos compuestos son de gran interés científico, ya que sus emisiones aumentan la presencia de bacterias resistentes con propiedades fisicoquímicas poco comunes, como son la alta solubilidad en agua y su poca capacidad para ser biodegradables; pueden llegar a cualquier medio natural y representan un grave riesgo para el consumo de agua potable [3].

De manera general la incorporación de los contaminantes emergentes al ecosistema (Figura 1) proviene de distintas fuentes como aguas residuales de tipo doméstico, industrial, agricultura y ganadería; estos efluentes pueden ser descargados directamente a la corriente de ríos o por filtración a los cuerpos de agua alterando así su calidad. Todo aquello debido a que no se han definido criterios en límites máximos permisibles para su descarga en cuerpos de agua. Esto se debe a los problemas en su determinación, así como los tratamientos de aguas residuales que no están diseñados para tratar este tipo de sustancias.



Figura 1. Ciclo del agua de los contaminantes en el medio ambiente

Que prevalezcan los contaminantes en el agua y suelo o que sean bioacumulados por la fauna y flora acuática se debe en gran medida al tipo de contaminante de que se trate y del nivel de depuración o atenuación natural que experimenten en el ecosistema [4].

Compuestos farmacéuticos en el medio ambiente

Los compuestos activos de los fármacos son sustancias biológicamente activas utilizadas con fines terapéuticos que se pueden conseguir fácilmente con o sin supervisión médica. Debido a esto su presencia en los cuerpos de agua es alarmante a causa de la poca información que existe —principalmente de los antibióticos— de sus efectos adversos en el ecosistema.

Dentro del amplio grupo de fármacos se encuentran analgésicos/antiinflamatorios, antibióticos, antiepilépticos, β -bloqueadores, reguladores de lípidos, medios de contraste en rayos X, anticonceptivos orales, esteroides, broncodilatadores, tranquilizantes, entre otros [5].

El grupo con mayor consumo en el ámbito mundial son los analgésicos (Figura 2) debido al alto autoconsumo por la población, son compuestos como: naproxeno, ibuprofeno y diclofenaco, así como los metabolitos resultantes que se han encontrado en altas concentraciones en aguas residuales y tratadas. Por lo anterior resulta importante conocer las rutas metabólicas para determinar su toxicidad y los posibles efectos adversos en los seres vivos.

✘ Los antibióticos ocupan el tercer puesto en volumen de fármacos empleados en medicina humana y el 70% de los medicamentos utilizados en medicina veterinaria. Dentro de los fármacos más prescritos están: amoxicilina, sulfametoxazol, tetraciclinas, aminoglucósidos, macrólidos, betalactámicos y vancomicina (Figura 3). El consumo de fármacos de los países de la Unión Europea (UE) se cifra en toneladas por año y el Parlamento Regulador Europeo enlista los siguientes compuestos para el monitoreo de la concentración presente en las aguas residuales públicas y en agua potable: diclofenaco, 17-estradiol, 17-a-etinilestradiol, azitromicina, claritromicina y eritromicina [6]

✘
Figura 3. Estructura química de los betalactámicos [7].

Los aspectos más significativos en la adición de estos contaminantes al medio ambiente es la variación de la composición de los vertimientos y afectación del funcionamiento óptimo de los bioprocesos en el tratamiento por antibióticos y desinfectantes. Sólo algunos efectos han sido descritos para estos compuestos tales como bioacumulación, disrupción endocrina, adquisición de genes de resistencia a antibióticos en bacterias y cambios en la población microbiana.

A causa de que los fármacos tienen la característica de ser ácidos y bases débiles, su distribución en el medio ambiente depende del pH en el medio y su constante acidificación, magnificando sus propiedades de bioacumulación principalmente en los ecosistemas acuáticos condicionando su distribución.

La degradación de los activos de los compuestos farmacéuticos depende de su exposición a factores fisicoquímicos como hidrólisis, oxidación y fotólisis en periodos de meses o años de manera natural, sin embargo, esta degradación también se pueden dar por transformaciones metabólicas a través de sistemas enzimáticos de los microorganismos presentes en el medio.

Tratamiento de aguas residuales en México

Para la degradación de los contaminantes en las aguas residuales domésticas, en México existen diversos procesos de tratamiento. Se dividen en tres partes (Figura 4) [8]:

✘
Figura 4. Diagrama de tratamiento de aguas residuales en México.

- Pretratamiento: Es la separación de sólidos de mayor tamaño.

- Tratamiento primario: Es el asentamiento de sólidos.
- Tratamiento secundario: Es el tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta.

Los tratamientos primarios consisten en tratamientos fisicoquímicos como coagulación/floculación con sulfato de cobre o sulfato férrico, suavización con cal, entre otros métodos. Westerhoff et al., 2005 realizó estudios con diversos fármacos como analgésicos, esteroides y antibióticos con tratamientos primarios obteniendo una remoción menor del 20%, sin embargo, los tratamientos secundarios obtuvieron una remoción mayor al 90% de la concentración inicial utilizada, demostrando así mayor efectividad. Parte del éxito de estos tratamientos se debe a las interacciones hidrofóbicas con los compuestos orgánicos polares en el caso del carbón activado granular. Para los tratamientos que involucran oxidación suelen generar subproductos con efectos desconocidos debido a la forma que reaccionan con el oxígeno [9], [10].

También existe la posibilidad que parte de estos contaminantes emergentes disminuyan con el tratamiento biológico tales como lodos activados o filtros biológicos percoladores, utilizando estos compuestos como parte del metabolismo central de los microorganismos para la nutrición celular y/o generación de energía o como parte de un cometabolismo donde sufrirá modificaciones en su estructura convirtiéndolo en un compuesto menos tóxico y más polar, haciéndolo disponible para otros microorganismos. Aun así, no se garantiza la degradación completa del contaminante.

Tratamientos terciarios:

Los tratamientos primarios y secundarios han demostrado que no son eficaces para la degradación completa de los contaminantes emergentes. En los tratamientos terciarios se elimina materia orgánica disuelta, iones, bacterias y virus. En México sólo el 3.35% de las plantas cuenta con este tratamiento. Dentro de las principales tecnologías de tratamiento terciario se encuentran:

- **Tratamiento con Biorreactores de membrana (MBR)**

Para la eliminación de los contaminantes se debe elegir el método más apropiado dependiendo de la concentración y estructura del contaminante presente en el agua de desecho. La tecnología con implementación de microorganismos puede ser dirigida a la eliminación de estos compuestos, es decir, es posible modificar parámetros de operación, por ejemplo: aumentar tiempos de retención para que el microbiota presente pueda aclimatarse a los compuestos y degradarlos, lo que podrá hacer una diferencia en comparación con el tratamiento tradicional.

- **Ultrafiltración**

Es el proceso de separación que involucra membranas activadas mediante el uso de presión, en las cuales se separan solutos de menos 0.3 μm de diámetro, con diferencia de presión de 2 a 10 bar a través de las membranas. Éstas son de tipo asimétrico, tienen un efecto de polarización más importante que la ósmosis inversa, además de un tiempo de retención y bajos costos de operación.

- **Oxidación**

Los procesos de oxidación avanzados (POA) con ozono (O_3) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que implican la generación de radicales $\text{OH}\cdot$ han sido utilizados para la degradación de compuestos desinflamatorios, fragancias, metabolitos, reguladores líquidos, bloqueadores y estrógenos.

Otro método para obtener mayor degradación es la combinación de estas tecnologías. Una de las principales desventajas de sólo utilizar tratamientos terciarios es que son costosos en contraste con los tratamientos secundarios. Sin embargo, la existencia de un pre- tratamiento o postratamiento secundario favorable a la degradación de los elementos más sencillos que podrían utilizar más recursos de los tratamientos terciarios reduciría los costos por operación [11].

Se requiere mejorar las tecnologías en las plantas de tratamiento de aguas residuales para compensar el aumento de los contaminantes emergentes, principalmente de los fármacos, y así evitar los impactos negativos de la inclusión de estas sustancias en las cadenas tróficas, sumando la consideración de parámetros que permitan monitorear la presencia de estos compuestos en los efluentes, así como la existencia de límites máximos permisibles dentro de la normatividad aplicable en México.

Se debe de incentivar la investigación de tecnologías que posibiliten la eliminación de los compuestos emergentes sin altos costos de operación, así como la transferencia de éstas dentro de las plantas de tratamiento de aguas residuales concesionadas o no. Se deben realizar más investigaciones dedicadas al conocimiento de las rutas de degradación y transformación de los fármacos más utilizados por la población, para conocer su destino en el ecosistema, así como la formación de metabolitos secundarios que en algunos casos son más tóxicos que los compuestos originales.

El seguimiento de estas recomendaciones podrá generar un volumen mayor de agua tratada de mejor calidad que pueda ser ocupada para consumo humano o vertida en cuerpos de agua sin generar impactos negativos en los ecosistemas.

Bibliografía

- [1] K. Vargas-Berrones, L. Bernal-Jácome, L. Díaz de León-Martínez, and R. Flores-Ramírez, “Emerging pollutants (EPs) in Latin América: A critical review of under-studied EPs, case of study -Nonylphenol-,” *Sci. Total Environ.*, vol. 726, p. 138493, 2020.
- [2] L. Damià Barceló and M. J. López de Alda, “Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes,” *Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas*. 2007.
- [3] R. Álvarez-Ruiz & Y. Picó, “Analysis of emerging and related pollutants in aquatic biota,” *Trends Environ. Anal. Chem.*, vol. 25, 2020.
- [4] M. Janet Gil, A. María Soto, J. Iván Usma, and O. Darío Gutiérrez, “Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos,” *Prod. Limpia*, vol. 7, no. 2, pp. 52–73, 2012.
- [5] E. J. Becerril Bravo, “Contaminantes emergentes en el agua,” *Rev. Digit. Univ.*, vol. 10, no. 8, 2009.
- [6] P. Westerhoff, Y. Yoon, S. Snyder, and E. Wert, “Fate of endocrine-disruptor, pharmaceutical, and personal care product chemicals during simulated drinking water treatment processes,” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 39, no. 17, pp. 6649–6663, 2005.

- [7] C. Suárez and F. Gudiol, “Antibióticos betalactámicos,” *Enfermedades Infecc. y la Microbiol. Clínica*, vol. 27, no. 2, pp. 116–129, 2009.
- [8] T. Ceja de la Cruz, “Tratamiento de aguas residuales,” *INCyTU*, vol. 028, no. Enero, 2019.
- [9] M. F. Rahman, E. K. Yanful, and S. Y. Jasim, “Endocrine disrupting compounds (EDCs) and pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the aquatic environment: Implications for the drinking water industry and global environmental health,” *J. Water Health*, vol. 7, no. 2, pp. 224–243, 2009.
- [10] C. García-Gomez, P. Gostáres-Moroyoqui, and P. Droguí, “Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción Emerging contaminants?: effects and removal treatments,” *Rev. química viva*, vol. 10, pp. 96–105, 2011.
- [11] N. Patel et al., “Emerging pollutants in aquatic environment: Source, effect, and challenges in biomonitoring and bioremediation- A review,” *Pollution*, vol. 6, no. 1, pp. 99–113, 2020.

This entry was posted on Wednesday, October 14th, 2020 at 4:03 pm and is filed under [Ciencias Naturales y de la Salud](#), [Zona Abierta](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.