

Fármacos en aguas residuales

Los contaminantes emergentes son productos que engloban una gran variedad de compuestos químicos. Constituyen un grupo muy diverso y sin una clasificación clara, ya que muchos de ellos pueden incluirse en varios tipos. La principal vía de entrada de los contaminantes emergentes en el ciclo del agua es a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Dentro de las clasificaciones que se hacen de los contaminantes emergentes este artículo se centra en los fármacos. Los fármacos se incorporan a través de las excreciones humanas y animales, biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, vertidos de aguas tratadas, desechos industriales, así como de los residuos de la atención sanitaria y veterinaria.

Palabras clave

Contaminantes emergentes, fármacos, rendimientos, EDAR.

PHARMACEUTICAL COMPOUNDS IN WASTEWATER

Emerging pollutants are products that encompass a wide variety of chemical compounds. They constitute a very diverse group and without a clear classification, since many of them can be included in several types. The main route of entry of emerging pollutants into the water cycle is through wastewater treatment plants. Within the classifications of emerging pollutants this paper is going to focus on drugs. Drugs are incorporated through human and animal excretions, biosolids from wastewater treatment plants, treated water discharges, industrial wastes, as well as healthcare and veterinary waste.

Keywords

Emerging pollutants, pharmaceutical compounds, yields, WWTP.

Julio Antonio Pérez Álvarez

director general de Operación en Aguas Tratadas del Valle de México (ATVM-PTAR Atotonilco), Acciona Agua

Susana Fernández

Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, e Instituto Universitario de Biotecnología de Asturias, Universidad de Oviedo

Miguel Ferrero

Departamento de Química Orgánica e Inorgánica, e Instituto Universitario de Biotecnología de Asturias, Universidad de Oviedo

Jesús Sánchez Jimenez

gerente del Departamento de O&M Zona Norte II, Accion Agua

Pilar Suárez Corteguera

jefa de Planta en EDAR Baiña, Acciona Agua

Clara Huerta Rodríguez

técnica del Departamento de Depuración en EDAR Baiña, Acciona Agua

Jesús Fajardo Ibañez

técnico de Automatización y Control O&M Zona Norte II, Acciona Agua

María Remedios López Pacetti

técnica del Departamento de Depuración de Acciona Agua

María Eugenia Hernández

jefa de Servicio Depurar 7B, Acciona Agua

Angelina García Álvarez

jefa de Laboratorio en EDAR Baiña, Acciona Agua



1. INTRODUCCIÓN: CONTAMINANTES EMERGENTES EN EL CICLO DEL AGUA

La principal vía de entrada de los contaminantes emergentes en el ciclo del agua es a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Como la mayor parte de estos compuestos no son biodegradables, no serán eliminados de las aguas residuales, por lo que continuarán en el ciclo del agua.

Por lo tanto, el efecto de los contaminantes emergentes en el medio ambiente dependerá de las condiciones del medio y de sus características fisicoquímicas, pudiendo encontrarse en distintas matrices, en la línea de agua o en la línea de biosólidos.

Tal como se indica en la **Figura 1**, los contaminantes emergentes se incorporan al medio ambiente de una manera directa a través de las aguas residuales urbanas e industriales, de los residuos de las plantas de tratamiento de los efluentes hospitalarios, de las actividades agrícolas y ganaderas, o bien de una manera indirecta mediante procesos de escorrentía o lixiviación.

Entre los distintos contaminantes emergentes que se pueden encontrar en las aguas residuales están los fármacos, que engloban principios activos, drogas de abuso, hormonas y esteroides. Incluidos los de uso humano y veterinario.

2. FÁRMACOS

Los productos farmacéuticos son utilizados en grandes cantidades, sin embargo el estudio del comportamiento de estas sustancias dentro del ciclo del agua, su impacto en el medio ambiente y su posible incidencia sobre la salud de las personas no se ha desarrollado como debería. Estos residuos farmacéuticos son transportados al ciclo del agua por

FIGURA 1. Vías de entrada de los contaminantes emergentes. Notas: IDAM, instalación desaladora de agua de mar; ETAP, estación de tratamiento de agua potable; EDAR, estación depuradora de aguas residuales [1].



diferentes vías, tal como se refleja en la **Figura 1**.

Desde el punto de vista del medio ambiente los fármacos presentan una serie de características que deben de tenerse en cuenta a la hora de su caracterización y cuantificación:

- Incluyen compuestos formados por moléculas grandes y químicamente complejas, pero muy diferentes en peso molecular, estructura y funcionalidad.
- Son moléculas polares y tienen más de un grupo ionizable. El grado de ionización y sus propiedades dependen del pH.
- El principio activo puede ser excretado sin ningún cambio, como un metabolito principal, o como una mezcla de muchos metabolitos.
- Dependiendo del compuesto, su persistencia en el medio ambiente es variable, pero pueden permane-

cer hasta años, por lo que pueden acumularse alcanzando niveles biológicamente activos [2].

3. ESTUDIO REALIZADO EN ASTURIAS

El estudio se ha llevado a cabo en una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en Asturias (España), donde se recogen aguas residuales urbanas y aguas hospitalarias. Se consideraron los principios activos más vendidos en el área geográfica de influencia de la EDAR, con la intención de que estos compuestos serían los que más probabilidades de detección tendrían en la planta de aguas residuales (**Figura 2**).

Basándose en ello, datos de consumo del año 2013, el estudio de caracterización y análisis de contaminantes emergentes se centró en los principios activos que marca la **Figura 3**.

FIGURA 2. Principios activos más vendidos [3].

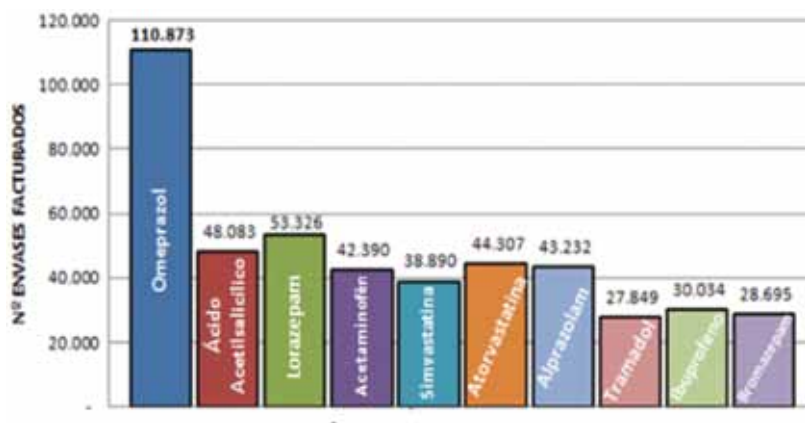
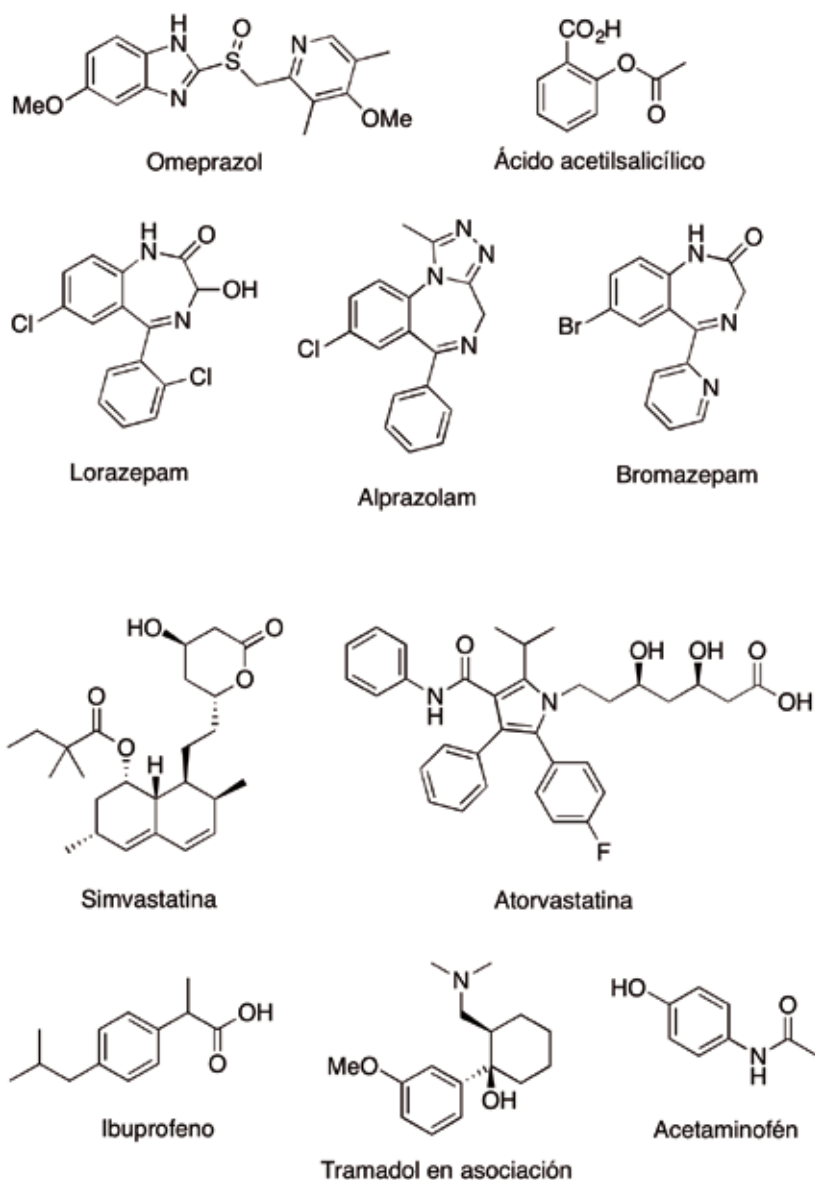


FIGURA 3. Estructuras moleculares de los principios activos.



Así, los principios activos seleccionados se pueden agrupar en las siguientes familias:

- Ansiolíticos: donde quedarían englobados el alprazolam, lorazepam y bromazepam.
- Hipolipemiantes: donde quedarían englobados la simvastatina y la atorvastatina.
- Antiulcerosos: donde quedaría englobado el omeprazol.
- Antiinflamatorios: donde quedaría englobado el ácido acetilsalicílico y el ibuprofeno (dentro de los antiinflamatorios no esteroideos).
- Analgésicos: donde quedarían englobados el acetaminofén (dentro del grupo de los analgésicos no opioides) y el tramadol en asociación (dentro del grupo de los analgésicos opioides).

El objetivo del estudio consistía en determinar las concentraciones de los fármacos seleccionados en el influente y efluente de la EDAR objeto de estudio, y así obtener los rendimientos de eliminación que se consiguen en el proceso de depuración.

Los análisis se llevaron a cabo con un cromatógrafo de líquidos acoplado a un masas con un analizador de alta resolución, un orbitrap. Cabe destacar que la simvastatina no se analizó ya que en las condiciones normales de la toma de muestra, precipitaba.

El periodo de muestreo se extendió durante tres meses.

4. RESULTADOS

En las Figuras 4, 5 y 6 se recogen las concentraciones medias, máximas y mínimas de los fármacos en los tres meses de estudio.

Considerando las concentraciones medias durante el periodo de estudio y calculando los porcentajes de



TABLA 1

RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN EN LA EDAR, VALORES PROMEDIO DE LOS TRES MESES DE ESTUDIO.

Compuesto	Influyente	Efluente	Reducción (%)
Ácido salicílico	0,096	0,000	100
Ibuprofeno	0,645	0,000	100
Acetaminofén	2,395	0,001	100
Atorvastatina	0,060	0,041	31
Omeprazol	0,014	0,013	9

TABLA 2

RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN EN LA EDAR.

Familia	Influyente	Efluente	Reducción (%)
Antiulcerosos	0,014	0,013	9
Analgésicos	2,431	0,043	98
Antiinflamatorios	0,741	0,000	100
Hipolipemiantes	0,060	0,041	31

FIGURA 4. Concentración media ($\mu\text{g/L}$) de los fármacos en el periodo de estudio [1].

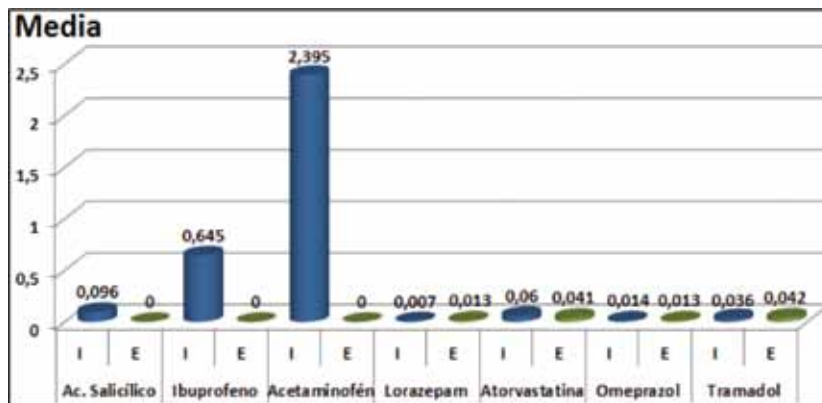


FIGURA 5. Concentración máxima ($\mu\text{g/L}$) de los fármacos en el periodo de estudio [1].

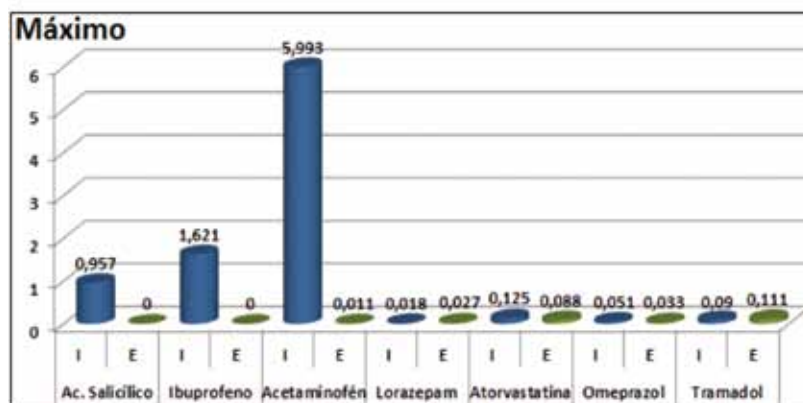
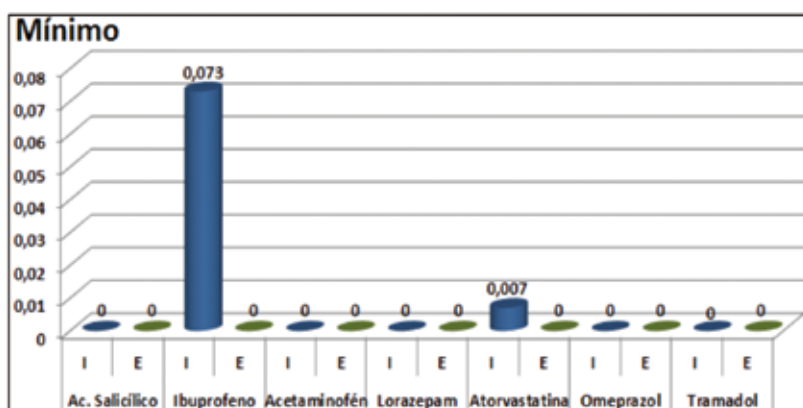


FIGURA 6. Concentración mínima ($\mu\text{g/L}$) de los fármacos en el periodo de estudio [1].



reducción como consecuencia del tratamiento que experimentan las aguas residuales en la planta, se observa que existen compuestos con una reducción escasa y otros con una eliminación total (Tabla 1).

En la Tabla 2 se recogen los rendimientos de eliminación de los compuestos agrupados por familias.

5. CONCLUSIONES

Se observa que el tratamiento existente en la planta es capaz de reducir el 100% de los antiinflamatorios y el 98% de los analgésicos, si bien no es tan efectivo a la hora de eliminar los hipolipemiantes y, en menor medida, los antiulcerosos. En el caso de los compuestos eliminados se puede suponer que ocurre un proceso de adsorción de los compuestos en los flocúlos de los fangos activos, o bien que es debido a procesos de degradación de los mismos. Se debe tener presente que estos compuestos pueden desaparecer de la matriz agua, pero estar presentes en la matriz biosólidos.

Bibliografía

[1] Pérez, J.A. (2017). Fármacos como contaminantes emergentes: caracterización, cuantificación y eliminación en plantas de tratamiento de aguas residuales. Universidad de Oviedo. Tesis Doctoral.

[2] E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid. http://www.ciccp.es/biblio_digital/icitema_III/congreso/pdf/010511.pdf. Visitada el 06/02/2015.

[3] Servicio Salud del Principado de Asturias. <http://www.obsaludasturias.com/obsa/>. Visitada el 04/11/2014.