

Figura 2. Evolución de DOO en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

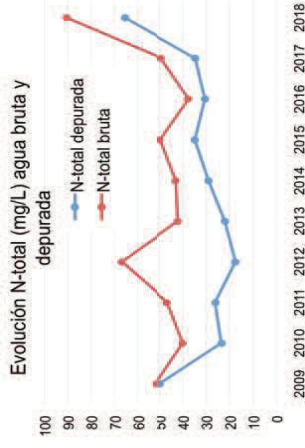


Figura 3. Evolución de N-total en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

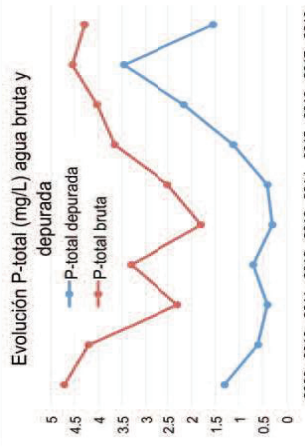


Figura 4. Evolución de P-total en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

rada (como se indicó más arriba) fueron de 604 y 89 mg/L, respectivamente, así como de 54.1 y 33.4 mg/L para N-total, y de 3.4 y 1.4 mg/L para P-total. La evolución entre 2009-2018 de estos parámetros, que cuantifican diferentes formas de materias orgánicas presentes en el agua res-

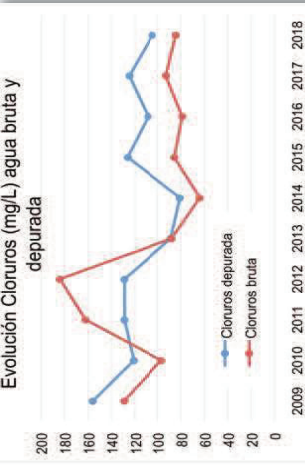


Figura 5. Evolución de Cloruros en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

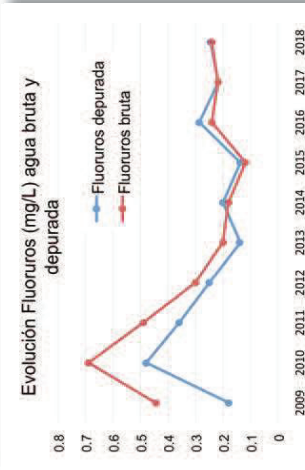


Figura 6. Evolución de Fluoruros en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

media de eliminación de DQO en planta fue alta, del 86%. En cuanto al N-total, la correlación entre agua bruta y depurada es muy notable, con una tasa media de reducción en planta del 38%, habiéndose detectado los valores más elevados en 2012 y 2018, en agua residual bruta y en 2009 y 2018 en agua depurada. Además, parece detectarse una tendencia al alza en el contenido en N-total por el descenso de caudal tratado como por el incremento de compuestos nitrogenados en los productos de uso doméstico.

Con respecto al P-total, la eliminación media en planta fue del 60%, con valores más altos al principio del estudio (2009-2010) y desde 2015 en adelante. En este sentido, se identifica un vertido industrial específico de alta carga contaminante, que

se depura antes de su incorporación al total del agua residual urbana. Este efluente, tratado vía anaerobia, requiere del uso de las sales férricas que promueven el enriquecimiento en cloruros del agua depurada.

Por su parte, el contenido medio en fluoruros del agua bruta y depurada resultó ser el mismo (0.21 mg/L) no afectándose apenas esta sustancia con la depuración biológica, como sería esperable. Cabe comentar así mismo, que los niveles desde 2011-2012 se redujeron de forma notable a consecuencia del progresivo cese de actividad de una industria vidriera existente en la ciudad y que dejó de estar operativa, secuencialmente, en aquellas fechas.

Metales pesados

La tabla 3 recoge los valores medios de los ocho metales investigados durante el seguimiento, tanto en agua residual urbana bruta, como en la depurada. De todos los metales pesados investigados, Zn y Cu fueron los mayoritarios (0.107 y 0.071 mg/L, del primero y 0.043 y 0.018 mg/L, del segundo, agua bruta y depurada, respectivamente) mientras que el resto no superó los 0.010 mg/L en agua bruta (Ni) ni en agua depurada, salvo el Pb, con 0.011 mg/L en el vertido final a cauce.

A este respecto, el origen de Cu y Zn es claramente industrial al existir en la ciudad varias industrias de transformados de cobre y latón, mientras que el resto de metales tienen orígenes variados (Tabla-4), tanto industriales, como domésticos y aun difusos.

Por otro lado, el total de metales pesados en agua residual urbana fue de 0.226 mg/L mientras que en agua depurada se redujo hasta 0.135 mg/L, es decir un 40%. Cabe también comentar que, en los casos de cadmio, mercurio y plomo, se detectó un ligero in-

Tabla 3. Metales pesados en agua residual bruta y depurada, medias 2009-2018

| METAL | AGUA RESIDUAL (MG/L) | AGUA DEPURADA (MG/L) |
|----------|----------------------|----------------------|
| ARSENICO | 0.005 | 0.004 |
| CADMIO | 0.004 | 0.006 |
| COBRE | 0.009 | 0.007 |
| COBRE | 0.043 | 0.018 |
| MERCURIO | 0.002 | 0.003 |
| NIQUEL | 0.010 | 0.008 |
| ZINC | 0.107 | 0.071 |
| PLOMO | 0.009 | 0.011 |

Evolución HAP (microg/L) agua bruta y depurada

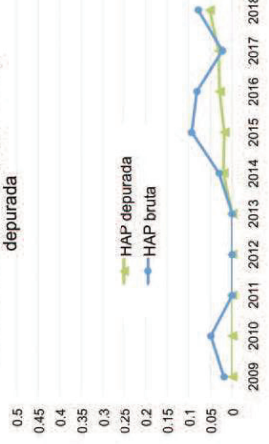


Figura 7. Evolución de HAP en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

cremento en el agua depurada frente al contenido inicial. Lo que pudo deberse (aparte del error de cuantificación dados los mínimos niveles medidos) a fenómenos de desorción desde los fangos biológicos de depuración de la EDAR hacia el agua.

Compuestos orgánicos

El total de los cinco HAP investigados (benzo(a)pireno, benzo (b) y (k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno e indeno (1,2,3-c,d)pireno) fue de 31 ng/L en agua residual bruta decreciendo hasta 13 ng/L en la depurada (58% de reducción). La emisión de HAP al agua residual está relacionada con el uso de combustibles fósiles (fuel o gasóleo en calderas) y automotrices (gasolinas). En la secuencia estudiada, los años 2010, 2015, 2016 y 2018 presentaron los valores máximos de los medidos, con concentraciones entre 50 y 100 ng/L (Figura 7) lo que en realidad no afectó a la

concentración de AOX se redujo un 20% en la depuración pasando de 20 ng/L a 16 ng/L. Estos compuestos proceden de una industria del papel ubicada en Córdoba, además de los vertidos al saneamiento de aguas de piscinas públicas y privadas (actividad muy notable en la ciudad debido a su climatología). La Figura 8 recoge la evolución de los AOX en aguas residual y depurada a lo largo del estudio: los años 2015 y 2016 exhibieron los máximos detectados cercanos a los 100 ng/L en agua residual bruta, y algo más bajas en la depurada. A nivel industrial el benceno es utilizado en la manufactura de otros productos químicos usados para la fabricación de plásticos, resinas, nylon y fibras sintéticas. También es aplicado para la realización de distintos tipos de gomas, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y pesticidas. Suele ser el compuesto mayoritario de todos los compuestos benzenicos presentes en las aguas (naftaleno, fenantreno, xileno). Asimismo, los

Tabla 4. Metales pesados: aplicaciones y orígenes de su emisión al agua residual urbana

| METALES PESADOS | APLICACIONES | OBSERVACIONES |
|-----------------|---|--|
| ARSENICO | PRESERVANTE DE LA MADERA, SEMICONDUCTORES Y LASERES; INDUSTRIA METALURGICA, PLOMO Y PROTECCION, FABRICACION VIDRIOS, PLAGUICIDAS (MUY EN DESUSO) | APARECE COMO IMPUREZA EN FERTILIZANTES DEL FOSFATO, DETERGENTES Y PRODUCTOS DEL PETROLEO REFINADOS |
| CADMIO | BATERIAS, TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE ESPECIALIZADOS, PIGMENTOS, ESTABILIZADORES PVC, ALEACIONES, COMPONENTES ELECTRONICOS, SOLDADURAS | |
| COBRE | INSTALACIONES DE AGUA, INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIA AUTOMOCION, MONTAJES, CERAMICA, ALUMINIO, EXPLOSIONES PORCINOS | |
| CROMO | FABRICACION DE AEROS, COLORANTES Y PINTURAS, PRESERVACION MADERAS, SINTESIS DE AMONIAO, FABRICACION MATERIALES REFRACTARIOS Y CERAMICOS, Y LASERES, ONJAS MAGNETICAS, ANALISIS DE AGUAS (DQO) | |
| MERCURIO | TERMOMETROS, LAMPARAS, CATALIZADORES, ALEACIONES, ANALOGAS, EXPLOSIVOS, APLICACIONES MEDICAS, INTERRUPTORES | PIEDE MOVILIZARSE DE FORMA NATURAL DESDE SUS YACIMIENTOS |
| NIQUEL | ALEACIONES, TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE, PIGMENTOS BATERIAS, JOYERIA, CATALIZADORES | |
| PLOMO | BATERIAS, TUBERIAS, FONDO EN VIDRIOS, PIGMENTOS, ALEACIONES, SOLDADURAS, FABRICACION DE ACIDO SULFURICO, ADITIVO EN GASOLINAS, MUNDICION, PINTURAS, INSECTICIDAS | |
| ZINC | BATERIAS, INDUSTRIA AUTOMOCION, JOYERIA, PINTURAS INDUSTRIALES | |

Evolución AOX (microg/L) agua bruta y depurada



Figura 8. Evolución de AOX en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

incendios en general y forestales en particular representan los principales focos naturales de emisión de benceno aunque también es un constituyente natural del petróleo crudo, gasolina y del humo de los cigarrillos. Se trata, pues, de un claro exponente de la contaminación difusa de nuestro entorno (tanto en la ciudad de Córdoba), en concreto. La evolución de benceno en aguas residuales y depuradas durante 2009-2018 se presenta en la Figura 9. Este compuesto evolucionaba desde los 40 ng/L en agua bruta hasta 11 ng/L en el agua depurada (con un 72% de reducción en la EDAR). A destacar el año 2013 con un máximo de 290 ng/L que

Evolución Benceno (microg/L) agua bruta y depurada



Figura 9. Evolución de Benceno en entrada y salida de EDAR (2009-2018)

no afectó al contenido en agua depurada (39 ng/L). Finalmente, el orgánico mayoritario de los investigados fue el cloroformo. Este compuesto se utiliza fundamentalmente como disolvente de compuestos orgánicos y como componente de algunos extintores de incendios, aunque también interviene en la fabricación de colorantes; y como fumigante e insecticida genérico. No obstante, su fuente principal al saneamiento en aguas residuales urbanas es la propia agua de grifo que lo contiene como subproducto de desinfección. Por otro lado, la Figura 10 recoge la evolución del contenido en cloroformo de agua residual bruta y depurada durante 2009 a 2011 y 2013-2014, con un máximo de 290 ng/L que

agua residual bruta. Por su parte, los valores más altos en agua depurada correspondieron a 2011, 2013 y 2014 con niveles cercanos y aun ligeramente superiores a 5 µg/L.

Computando las concentraciones medias durante el período estudiado, el nivel en el efluente depurado era de 3,2 µg/L frente a inicial en el agua residual urbana de 5,6 µg/L (reducción del 42% en planta). Como referencia, el agua de consumo de la ciudad contiene del orden de 5-10 µg/L de cloroformo (según sectores urbanos concretos) con lo cual está clara la procedencia de esta sustancia en el agua residual.

Como resumen, el contenido en los compuestos de pre-ocupación emergente investigados en el agua residual de Córdoba en aplicación del Reglamento E-PRTR es actualmente muy modesto, la reducción de emisión domésticas parecen ser cuanto menos, igual de problemáticas que las industriales, a excepción de algunos metales pesados (Cu y Zn) y de los halógenos orgánicos (AOX), con focos de origen claramente industriales, así

CONCLUSIONES

El conocido Reglamento E-PRTR obliga a comunicar a la Administración Autonómica los datos de emisión de una serie amplia de contaminantes que podrían encontrarse en el agua residual depurada de un saneamiento para las EDAR de >100.000 hqg de capacidad de tratamiento. No se fijan valores limitantes y la expresión de resultados se hace por carga (kg/año) no por concentración.

En este sentido, en Andalucía se fijaron como obligatorios para información periódica a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía los siguientes parámetros: DQO, N-total, P-total, Cl, F, como contaminantes convencionales; As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn y Pb, como metales pesados; finalmente, HAP, halógenos orgánicos, benceno y cloroformo, como compuestos orgánicos.

El seguimiento práctico llevado a cabo durante 2009 a 2018 del E-PRTR en el saneamiento de Córdoba, muestra que, de los contaminantes con valores superiores, los valores medios de DQO en agua residual urbana y depurada fueron de 604 y 89 mg/L, respectivamente, así

En relación a halógenos orgánicos: la concentración en agua residual bruta, de 20 ng/L, se redujo un 20% en depuración, hasta los 16 ng/L. Aquí, la fuente de emisión mayoritaria al saneamiento parece ser una papelería ubicada en la ciudad.

Por otro lado, el contenido de benceno en aguas residuales y depuradas evolucionaba desde los 40 ng/L en agua bruta hasta 11 ng/L en el agua depurada (con un 72% de reducción en la EDAR).

Finalmente, el compuesto orgánico mayoritario fue el cloroformo, con un nivel en agua residual bruta de 5,6 µg/L que se reduce en la depuración llevada a cabo en la EDAR un 42% hasta 3,2 µg/L. En este caso, el cloroformo contenido en el agua de grifo y agua de renovación de piscinas, era fundamentalmente el origen de los niveles detectados.

Con los datos aportados se comprueban las bajas concentraciones de los compuestos de preocupación emergente investigados en las aguas residuales de Córdoba, así como su mínima afectación sobre el medio acuático receptor. •

Referencias

D. Barceló, M. J. y López (2007). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. *Panel Científico-Técnico de seguimiento de la política de aguas*. Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales-CSIC, Barcelona.

M. J. Gil, A. M.ª, Soto, J. I. Usma y O. D. Gutiérrez (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles efectos. *Procedimientos-Limpia*, 7 (2) 52-73.

R. López, R. y R. Juista (2010). Tendencias en el tratamiento de contaminantes emergentes. *Foro Regional de Sostenibilidad e I+D+i (Junta de Castilla y León)*.

R. Marín Galván (2012). *Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas*. Ed. Diaz de Santos, Madrid.

R. Marín Galván (2017). *Flujos de materias (agua y sólidos) y huella de carbono asociados al ciclo integral del agua en Córdoba*. *INGENIERIA MUNICIPAL*, 303, 40-44.

R. Marín Galván (2018). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*, 2ª ed. Ed. Diaz de Santos, Madrid.

R. Marín Galván (2019). El estado de las aguas continentales españolas y la contribución de las EDAR en su consecución. *VIR-TUALPRO*, 208, 1-30 (edición on line).

A. Musolf, et al. (2009). *Temporal and spatial patterns of micropollutants in urban receiving waters*. *Environmental Pollution*, 157, 3069-3077.

M. Petrović, S. González and D. Barceló (2003). *Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water*. *Trends in Analytical Chemistry*, 22 (10) 685-696.

T. Reemtsma, S. Weiss, J. Mueller, M. Petrović, S. González, D. Barceló, F. Ventura y T. P. Knepper (2006). *Polar pollutants entry into the water cycle by municipal wastewater: a European perspective*. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 5451-5458.

P. J. Simón Andreu, C. Lardín Mifsut, R. González Herrero, A. V. Sánchez Beltrán, J. A. Vicente González (2015). Estudio de la presencia de contaminantes emergentes en las distintas etapas de las depuradoras. *RETEMA*, 186, 84-91.

G. Tejón, L. Candela, K. Tamoh, A. Molina-Díaz y A. R. Fernández-Alba (2010). *Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility (Barcelona, Spain)*. *Sci. of Total Environm.*, 408 (L7) 3584-3595.

INGENIERIA MUNICIPAL

MEDIO AMBIENTE

EQUIPAMIENTO URBANO

SERVICIOS MUNICIPALES

RESIDUOS

ESPACIOS PÚBLICOS

agua profesional

año XXXIV • julio | agosto 2019



GUÍA
2019

SERVICIOS MEDIOAMBIENTALES EN ESPAÑA

EL ACUERDO HACIENDA-FEMP PERMITIRÁ
A LAS ENTIDADES LOCALES PRESTAR
MEJORES SERVICIOS PÚBLICOS

ISWA2019

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION
BILBAO, SEDE DEL CONGRESO MUNDIAL

FIRMADO EL VI CONVENIO COLECTIVO ESTATAL
DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA