

**Resumen**

Los saneamientos españoles continúan presentando concentraciones excesivas en la DQO, metales y de compuestos orgánicos no biodegradables tanto en aguas residuales urbanas como urbanas+industriales. A pesar de que las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) se comportan bien frente a metales, HAP, COV y alquilfenoles, no sucede igual para plaguicidas, compuestos órgano-estánicos y otros orgánicos, que presentan reducciones inferiores o incluso nulas. La superación de los umbrales de información pública establecidos en el E-PRTR para varias sustancias podría alertarnos sobre futuras dificultades en el cumplimiento de las autorizaciones de vertidos, sobre restricciones en el uso del agua regenerada y sobre el uso de los fangos residuales.

**Palabras clave:**

E-PRTR, sustancias peligrosas, sustancias prioritarias, vertidos industriales, aguas residuales, compuestos orgánicos, metales, contaminantes emergentes.

**Abstract**

***Conventional pollution, emerging pollutants and priority substances in Spanish's public sewage network***

Spanish's wastewater shows a conventional pollution, and increased DQO values. Contains several organic and inorganic compounds. For domestic wastewater this situation imply to apply measures of control from the origin and another of environmental education. While WWTP investigated obtain high yielding in treatment of metals, HPA, VOC and alquilphenols, the behaviour versus plaguicidas, thin-organic compounds and other organic is more unfavourable. Several substances overpasses the values established in the E-PRTR normative, so in the next future could be experienced problems to fulfil the normative about this subject, as well as those related to reuse of treated wastewater and bio-solids generated in the WWP.

**Keywords:**

E-PRTR, dangerous substances, priority substances, industrial wastewater, wastewater, organic compounds, metals, emerging pollutants.

# Contaminación convencional, sustancias prioritarias y contaminantes emergentes en saneamientos públicos españoles

Por: **Marín Galvín, R.**, de Emacasa<sup>1</sup>; **Ripollés Pascual, F.**, de Iproma; **Santateresa Forcada, E.**, de Facsa; **Lahora Cano, A.**, de Esamur; **González Canal, I.**, del Consorcio Aguas Bilbao Bizkaia; **Mantecón Pascual, R.**, de la Entitat de Medi Ambient del Área Metropolitana de Barcelona; **Rodríguez Amaro, R.**, del Departamento de Química Física y Termodinámica Aplicada de la Universidad de Córdoba

<sup>1</sup> **Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. (Emacsa)**

C/ De los Plateros, 1 - 14006 Córdoba

Tel.: 957 222 527

E-mail: rmargal@emacsa.es

www.emacsa.es

*Este trabajo ha sido presentado como ponencia en las XXIX Jornadas Técnicas de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) celebradas este año en Gijón*

**1. Introducción**

Diferentes estudios puntuales llevados a cabo en distintos sistemas de saneamiento de nuestro país en los últimos años, han venido demostrando la presencia de compuestos orgánicos del tipo plaguicidas, fitosanitarios, disolventes orgánicos, restos de medicamentos, etc., algunos de los cuales son especialmente refractarios al proceso de depuración llevado a cabo en la mayoría de las EDAR de nuestro país, con los consiguientes problemas asociados, tanto de explotación, como de incumplimientos de normativas vigentes sobre vertidos de aguas depuradas a cauce público. Así, tanto el Real Decreto 508/2007 por el que se regula el E-PRTR como la reciente Directiva Europea 2008/105/CE, sobre sustancias prioritarias, marcan unos requerimientos

respecto a determinadas sustancias o compuestos que, con la situación planteada anteriormente, pueden ser en muchas ocasiones difíciles de cumplir para muchas EDAR.

En el ámbito de la política de aguas de la Unión Europea (UE), se consideran sustancias prioritarias aquellas que presentan un riesgo significativo para el medio acuático o la salud humana, por ser tóxicas, persistentes o bioacumulables (Anexo II de la Directiva 2008/105/CE). Y contaminantes emergentes aquéllos de los que se desconoce en gran medida su presencia localizada, concentración e impacto en el medio acuático, encontrándose actualmente en estudio y no estando aún recogidos en normativas sobre aguas. En realidad, podemos adscribir a este término a la mayoría de los conta-

minantes no convencionales (ni sustancias prioritarias) de nuestras aguas residuales.

Dado que en nuestro país la mayoría de las depuradoras urbanas tratan mezclas de aguas domésticas e industriales, se pensó en abordar la situación que actualmente presentan nuestras aguas residuales intentando discriminar entre aportación doméstica y aportación industrial. Teniendo en cuenta que las aguas residuales industriales son objeto de seguimiento sistemático y pueden contar, además, con sistemas eficaces de control a fin de limitar estas emisiones (ordenanzas de vertidos y similares), la problemática de las aguas procedentes de actividades domésticas y actividades urbanas podría provocar la aparición de contaminantes de difícil eliminación en EDAR biológicas convencionales.

En este sentido, el Real Decreto 508/2007, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas, traspone a la legislación española el Reglamento 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo. Mediante el E-PRTR se sustituye el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes EPER, que en España venía funcionando desde 2002, destacando, entre otros, los siguientes aspectos:

- Se ha aumentado el número de contaminantes sobre los que se solicita información, pasando de 50 en EPER a 91 en el E-PRTR, aunque en España se ha aumentado la lista a 115 contaminantes (68 en emisiones a la atmósfera, 89 en emisiones al agua y 79 en emisiones al suelo).
- Aumenta el número de actividades obligadas a declarar, que pasan de 56 en EPER a 65 en el E-PRTR, incluyéndose como novedad, entre otras, las de tratamiento de aguas residuales urbanas con una capacidad superior a 100.000 habitantes equivalentes (he).
- En el EPER únicamente se contemplaban las emisiones al aire y

al agua, añadiéndose en el E-PRTR las emisiones al suelo y las transferencias de residuos.

Cabe señalar que en el E-PRTR los datos se tienen que expresar como emisión total de cada sustancia o compuesto en kg/año y no en concentración, debiéndose realizar el cálculo de la masa emitida teniendo en cuenta los caudales correspondientes. En el caso de las EDAR afectadas por este reglamento, estaríamos hablando de multiplicar el

*Tanto el RD  
508/2007 como  
la DE 2008/105/CE  
sobre sustancias  
prioritarias, pueden  
ser en muchas  
ocasiones difíciles  
de cumplir para  
muchas EDAR*

dato de concentración por un caudal que, en la mayoría de los casos, supera los 10.000.000 m<sup>3</sup> anuales (>100.000 he), lo que supondrá que sólo el hecho de detectar cualquier concentración por encima de los límites de cuantificación analíticos provoque que en muchos parámetros se supere el valor umbral de información pública.

Ha de significarse que el Reglamento E-PRTR no entra a valorar si un vertido cumple o no con los valores límites de emisión, aunque sí que puede servir de base para poder comprobar la coherencia de los datos declarados con los autorizados, así como para elaborar inventarios de sustancias prioritarias y otros contaminantes a partir de los cuáles se elaborarán programas de reducción o eliminación de dichas sustancias,

lo que puede obligar a revisar las correspondientes Autorizaciones de Vertido.

Además del Registro E-PRTR, también se deben tener en cuenta otras disposiciones legales relativas a sustancias prioritarias y contaminantes no convencionales (emergentes) entre las que cabe señalar la recientemente publicada Directiva 2008/105/CE (en la que se establecen Normas de Calidad Ambiental para las sustancias prioritarias indicadas en el Anexo X de la Directiva Marco del Agua), así como otras sustancias (que incluyen todas las sustancias de la Lista I) a controlar en aguas superficiales continentales y otras aguas superficiales. Esta Directiva tiene que ser traspuesta a la legislación nacional antes del 13 de julio de 2010 y obligará a revisar aquellas Autorizaciones de Vertido con actividades susceptibles de provocar emisiones, vertidos y pérdidas de sustancias prioritarias y otros contaminantes enumerados en la citada Directiva.

Abundando en el tema, debe comentarse que el RD 1620/2007 sobre reutilización de aguas regeneradas incluye, para algunos usos, criterios de calidad para contaminantes peligrosos ajustados a las Normas de Calidad Ambiental, así como que, dado el potencial de bioacumulación de algunas de estas sustancias en los biosólidos de EDAR, se incluyen en el borrador de Directiva Europea sobre lodos en fase de estudio.

Debido a que la mayoría de los sistemas de saneamiento reciben vertidos industriales de actividades susceptibles de emitir alguna de las sustancias incluidas en el E-PRTR o sustancias prioritarias, o incluso ante la posibilidad de que alguna de estas sustancias puedan proceder de actividades domésticas o urbanas, desde el Grupo de Vertidos Industriales y Laboratorio de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamientos (AEAS) se planteó la realización de un estudio de estas sustancias en diversos sistemas de saneamiento españoles.

Así pues, este trabajo presenta los resultados obtenidos a lo largo de 2008, complementados con otros de años anteriores (2006 y 2007) en el seguimiento de aguas residuales mixtas, residuales puramente domésticas y aguas asimiladas a industriales de varias ciudades, de diferente población e industrialización, al objeto de plantear una aproximación al estado de la cuestión. Como datos relevantes se ha constatado la presencia en casi todos los casos estudiados de metales pesados, diferentes fitosanitarios (triazinas, dieldrín, heptacloro, etc.), además de varios compuestos orgánicos como benceno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, trihalometanos, etc.

La procedencia de algunas de estas sustancias químicas, orgánicas e inorgánicas, aparte del industrial, tiene un origen doméstico, por lo cual

deberá de trabajarse tanto en la educación ambiental del usuario (evitar que el inodoro actúe como receptor final de cualquier residuo doméstico o de medicación) como, y lo que es más importante, en controlar estos productos contaminantes en origen, es decir, en su presencia en formulaciones de productos de uso doméstico (geles, cosméticos, champús, plaguicidas domésticos, detergentes, productos de limpieza, etc.).

De persistir la situación comprobada en este estudio, la depuración de las aguas residuales urbanas irá progresivamente siendo más ineficaz, más cara y más complicada técnicamente, pudiendo obstaculizarse el empleo de subproductos de depuración (biosólidos o fangos), y dificultándose usos ya admitidos y necesarios de aguas regeneradas, con lo que nos privaríamos de un

recurso estratégico para atender la demanda de agua en muchas zonas del país, además de plantear serias dudas sobre la eficacia de nuestros sistemas de depuración en orden a cumplir las normativas europeas sobre sustancias prioritarias, cada vez progresivamente más exigentes.

## 2. Contaminantes emergentes y sustancias E-PRTR

Sin entrar en mayor profundidad, podemos hablar de contaminantes emergentes como de un grupo difuso de contaminantes, tanto inorgánicos como especialmente orgánicos, que históricamente no eran detectados en nuestras aguas residuales y que desde hace pocos años a la fecha están apareciendo en la mayoría, si no en todas nuestras aguas residuales, tanto domésticas

Tabla 1

Físico-químicos	Metales	Pesticidas				
		Órgano-clorados		Órgano-fosfor.	Triazinas	Otros
Nitrógeno total	Arsénico y comp.	Alaclor	Heptacloro	Clorfenvinfos	Atrazina	Diuron
Fósforo total	Cadmio y comp.	Aldrina	Hexaclorobenceno	Clorpirifos	Simazina	Isoproturon
Fenoles	Cromo y comp.	DDT	Hexaclorociclohexano			Pentaclorofenol
COT	Cobre y comp.	o,p'-DDT	Lindano			Hexabromobifenilo
Cloruros	Mercurio y comp.	p,p'-DDT	Pentaclorobenceno			
Cianuros	Níquel y comp.	p,p'-DDE	Trifluoralina			
Fluoruros	Plomo y comp.	p,p'-DDT	Isodrina			
DQO	Zinc y comp.	Dieldrina	Clordano			
AOX		Endosulfan	Clordecona			
		Endrina	Mirex			
			Toxafeno			

COV'S		Alquilfenoles	Órgano-metálicos	HPA'S	Otros compuestos orgánicos
1,2-dicloroetano	Triclorometano	Nonilfenoles	Comp. organoestannicos	Hidrocarb. Pol. Arom.	C10-13 Cloroalcanos
Diclorometano	Benceno	Octilfenoles	Tributilestaño y comp.	Antraceno	Dioxinas y Furanos
Hexaclorobutadieno	Etilbenceno		Trifenilestaño y comp.	Fluoranteno	PCBs
Tetracloroetileno	Óxido de etileno			Benzo(g,h,i)pirelino	Cloruro de vinilo
Tetraclorometano	Naftaleno			Benzo(a)pireno	Bromodifenileteres
Triclorobencenos	Tolueno			Benzo(b)fluoranteno	Penta-BDE
1,2,3-Triclorobenceno	Xilenos			Benzo(k)fluoranteno	Octa-BDE
1,2,4-Triclorobenceno	p-xileno			Indeno(1,2,3-cg)pireno	Deca-BDE
1,2,5-Triclorobenceno	o-xileno				Ftalato de bis (2-etilhexilo)
Tricloroetileno	m-xileno				Amianto

Tabla 1. Contaminantes de las aguas residuales.

o urbanas como mixtas, e incluso en aguas depuradas. Respecto a esto, siempre se plantea la duda de si los contaminantes están apareciendo de un tiempo a esta parte o, si por el contrario, no se tenía constancia de su existencia bien por no ser investigados, bien por no contar con los medios analíticos adecuados. Probablemente las dos cuestiones sean ciertas, si bien es previsible que la ocurrencia de sustancias contaminantes no convencionales en aguas residuales y depuradas tenga un origen temporal más antiguo que lo que podría pensarse en un principio.

Por último, frente a la contaminación convencional identificada con sólidos, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrógeno, fósforo, conductividad, cloruros, sulfatos, fenoles, algunos metales pesados...etc., la contaminación emergente contempla diversos metales pesados distintos a los habituales (Hg, Pb, Cu, Zn...), sustancias plaguicidas, disolventes alquílicos y aromáticos, hidrocarburos aromáticos más o menos complejos, compuestos órgano-metálicos (muchos de estos compuestos son sustancias prioritarias) restos de detergentes, antibióticos, analgésicos, anovulatorios, drogas y en realidad cualquier resto o metabolito con cierta actividad biológica, de los diferentes preparados que el hombre emplea en su actividad doméstica e industrial (**Tabla 1**).

En el Anexo II del Real Decreto 508/2007 figura la lista de contaminantes o sustancias sobre los que hay que suministrar información cuando se emitan de manera significativa. En el caso de vertidos al agua se contemplan 89 sustancias, que incluyen todas las sustancias prioritarias del Anexo X de la Directiva Marco del Agua y otros contaminantes que también figuran en la Directiva 2008/105/CE. Este listado de sustancias contempla contaminantes fisicoquímicos habituales en aguas residuales urbanas (fósforo, nitrógeno, cloruros, carbono orgánico, etc.), metales, así como numerosos compuestos orgánicos de diferente tipo-

logía (plaguicidas, compuestos orgánicos volátiles, HPAs, PCBs, etc.).

En la **Tabla 1** se recogen estas sustancias agrupadas por familias de similares características. En el documento 'Guía para la implantación del E-PRTR', de la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea, se incluye una lista sectorial específica de contaminantes emitidos al agua (a título orientativo), que en el caso de "instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas" marca 43 sustancias contaminantes al agua que potencialmente pueden emitirse y que se han marcado en negrita.

Dentro de esta tabla pueden destacarse como contaminación emergente típica a pesticidas (organoclorados, organo-fosforados, nitrogenados -S-Triazinas-, carbamatos y ureas), compuestos volátiles (algunos claramente subproductos de cloración de aguas de consumo), alquilfenoles empleados en productos detergentes, hidrocarburos aromáticos complejos, así como otras sustancias orgánicas del tipo de PCB, ftalatos y cloruro de vinilo entre otros. Todas estas sustancias conviven con nosotros desde hace tiempo y son claros exponentes (así como subproductos) de la cultura y del modo de vida que nos envuelve diariamente.

### 3. Sistemas de saneamientos estudiados

Para el presente estudio se han recabado datos de controles analíticos efectuados en diversos sistemas de saneamiento repartidos en diferentes puntos de la geografía española, que incluyen ciudades o municipios ubicados en Barcelona, Córdoba, Murcia, Vizcaya, Madrid, Álava y Castellón, abarcando colectores y EDAR que recogen vertidos eminentemente urbanos y vertidos mixtos (urbanos e industriales). Además, las salidas de las EDAR se han tratado de manera separada para poder ver cómo afectan los sistemas de tratamiento de depuración actuales a estas sustancias (**Tabla 2**). Los muestreos llevados a cabo en los saneamientos indicados, así como los resultados analíticos obtenidos, corresponden mayoritariamente al año 2008, si bien se han recopilado datos de 2006 y 2007 para algunos casos. Los vertidos y aguas residuales calificados como 'urbanos' han sido aquellos en que la componente de agua residual industrial sobre el total del efluente fue menor del 5%. Como vertidos 'mixtos' se tomaron los efluentes de aguas residuales de entrada a EDAR, lo que también se denomina como agua residual integrada. Finalmente, el agua depurada correspondió a la de 'salida

Tabla 2				
Sistema saneamiento	Provincia	Urbanos	Mixtos	Salida EDAR
Barcelona	Barcelona	o	o	Sant Feliu
Consorci Besòs	Barcelona			Granollers La Llagosta Montornès
Córdoba	Córdoba	o	o	La Golondrina
Murcia	Murcia	o	o	Murcia Este
Cartagena	Murcia	o	o	Cabezo Beaza
Bilbao	Vizcaya		o	Galindo Güeñes Durango Mungia
Madrid	Madrid	o		Riosequillo
Vitoria	Alava	o	o	Crispiana
Vila-real, Onda, Betxi, Alquerías	Castellón	o	o	

**Tabla 2.** Sistemas de saneamiento investigados.

de EDAR' en los casos correspondientes.

Los muestreos se llevaron a cabo tomando muestras integradas durante 24 horas (excepto para los compuestos volátiles) y en cada saneamiento no se realizaron necesariamente todas las tomas de los tres vertidos antes indicados. Así, en Barcelona, Córdoba, Murcia, Cartagena y Vitoria se contó con muestras de colectores urbanos, aguas de entrada a EDAR y aguas depuradas en EDAR. En Madrid se tomaron muestras de aguas residuales urbanas y de agua depurada en la EDAR de Riosequillo. Por su parte, en varias poblaciones de Castellón se muestrearon colectores urbanos y mixtos (entrada a EDAR). En Vizcaya se tomaron muestras de aguas mixtas y de salida de EDAR. Finalmente, en el caso de los saneamientos gestionados por el Consorcio del Besòs se aportaron datos del agua depurada en las EDAR de Granollers, La Llagosta y Montornès del Vallès.

#### 4. Resultados obtenidos

Se han recopilado más de 10.000 resultados analíticos realizados en los sistemas de saneamiento descritos anteriormente. Las labores de toma de muestras y análisis han corrido a cargo de los responsables de cada sistema (empresas públicas, privadas o administraciones) y han

sido llevados a cabo dentro de sus programas de vigilancia y control o en muestreos extraordinarios, analizándose parámetros diferentes en cada muestra y en cada sistema de saneamiento, dándose el caso de parámetros que han sido analizados en muy pocas muestras.

Todo lo anterior lleva asociado que los datos evaluados a continuación sean una primera aproximación sobre la contaminación recogida por colectores urbanos, mixtos y salidas de EDAR urbanas de nuestro país. Por ello, debe matizarse e insistirse en que la situación detectada en nuestros saneamientos debe tomarse más en su aspecto cualitativo que cuantitativo, al no disponer de series de datos completas de los tres tipos de aguas residuales objeto de este estudio.

Por último, en el caso de las salidas de EDAR se ha realizado el cálculo de los kg/año de cada sustancia en base al valor medio de cada parámetro y teniendo en cuenta un caudal de 10.000.000 m<sup>3</sup>/año (aproximadamente el caudal de una EDAR de 100.000 he). Estos resultados informarán sobre la necesidad o no de información pública de carga contaminante concreta para un parámetro, de acuerdo al Reglamento E-PRTR. En todo caso, seguidamente se revisan los resultados obtenidos organizados por grupos de parámetros investigados.

#### 4.1. Parámetros fisicoquímicos

La **Tabla 3** presenta los datos obtenidos para los denominados parámetros fisicoquímicos que en realidad pueden adscribirse a los típicos contaminantes convencionales de un agua residual (incluyendo como tales a los halógenos orgánicos clorados AOX). Con excepción de los cianuros, el resto de parámetros fisicoquímicos se detecta en la mayor parte de las muestras: aproximadamente más del 60% de las muestras de aguas urbanas, mixtas y en salida de EDAR. En ningún parámetro de este tipo se detectaron niveles superiores de contaminantes en aguas urbanas frente a aguas mixtas, salvo en fenoles. En el caso de las salidas de EDAR se observa una reducción significativa en la mayoría de parámetros, aunque casi todos superarían el valor umbral de información pública indicado en el Real Decreto 508/2007: tan sólo cianuros y fenoles no superarían sus umbrales correspondientes. A destacar la eliminación total de fenoles en el proceso depurador convencional.

Los parámetros fisicoquímicos recogidos en el E-PRTR son contaminantes característicos de las aguas residuales urbanas, como la materia orgánica (DQO, COT), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y otras sustancias o compuestos procedentes de la actividad doméstica. En el caso de

**Tabla 3**

Fisico-químicos		Urbano		Mixto		Salida EDAR			Umbral			
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Cloruros	mg/l	100%	272	667	100%	302	696	100%	258	678	2.575.773	2.000.000
Nitrógeno total	mg/l	100%	43	68	100%	63	144	100%	26	60	261.625	50.000
COT	mg/l	100%	75	149	100%	111	261	100%	13	75	133.967	50.000
Fósforo total	mg/l	100%	7	12	100%	9	19	100%	2	28	23.698	5.000
Fluoruros	mg/l	66%	0,22	0,80	66%	0,36	3,15	88%	0,41	2,50	4.129	2.000
AOX	mg/l	71%	0,27	0,60	91%	0,42	4,80	91%	0,16	0,81	1.576	1.000
Cianuros totales	mg/l	10%	0,001	0,020	13%	0,002	0,032	7%	0,001	0,022	6	50
Fenoles	mg/l	64%	0,19	0,70	57%	0,15	0,80	0%	0,00	0,00	0	20
DQO	mg/l	100%	488	1.079	100%	747	2.866	100%	82	256	816.188	

**Tabla 3.** Resultados parámetros fisicoquímicos.

**Tabla 4**

Metales		Urbano			Mixto			Salida EDAR				Umbral
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Zinc	mg/l	79%	0,188	0,640	96%	0,465	7.000	83%	0,107	0,620	1.071	100
Cobre	mg/l	79%	0,064	0,300	60%	0,159	1.600	27%	0,027	0,200	274	50
Níquel	mg/l	21%	0,002	0,032	34%	0,023	1.200	62%	0,020	0,300	199	20
Cromo	mg/l	17%	0,003	0,100	31%	0,033	0,910	28%	0,008	0,250	83	50
Plomo	mg/l	10%	0,010	0,500	19%	0,024	0,700	4%	0,002	0,021	18	20
Arsénico	mg/l	7%	0,001	0,006	6%	0,001	0,030	4%	0,002	0,030	17	5
Mercurio	mg/l	7%	0,001	0,009	4%	0,001	0,009	15%	0,0003	0,0219	3	1
Cadmio	mg/l	0%	0,000	0,000	6%	0,001	0,020	6%	0,0002	0,0060	2	5

**Tabla 4.** Resultados metales pesados

**Tabla 5**

Hidr. Policíc. Aromáticos		Urbano			Mixto			Salida EDAR				Umbral
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
HPA	µg/l	33%	0,008	0,025	14%	0,029	0,450	29%	0,005	0,046	0,051	5
Indeno (1,2,3,c,d) Pireno	µg/l	17%	0,001	0,012	10%	0,010	0,240	17%	0,015	0,550	0,146	
Benzo (a) Pireno	µg/l	7%	0,001	0,012	13%	0,006	0,110	6%	0,005	0,230	0,049	
Benzo (k) Fluoranteno	µg/l	11%	0,001	0,010	20%	0,013	0,250	16%	0,005	0,120	0,047	
Benzo (b) Fluoranteno	µg/l	17%	0,001	0,012	20%	0,010	0,180	16%	0,004	0,130	0,043	
Antraceno	µg/l	9%	0,001	0,010	14%	0,011	0,270	3%	0,002	0,080	0,022	1
Benzo (g,h,i) Perileno	µg/l	13%	0,004	0,064	18%	0,010	0,250	9%	0,002	0,060	0,020	1
Fluoranteno	µg/l	13%	0,004	0,068	18%	0,015	0,490	9%	0,000	0,010	0,004	1

**Tabla 5.** Resultados HAPs.

los cloruros, además de ser un anión presente de manera natural en las aguas y generado por la actividad doméstica, también pueden proceder de descalcificadores, sal común utilizada para evitar placas de hielo en calles y carreteras, drenajes de aguas salobres, infiltración salina en zonas costeras, etc. Estos parámetros físico-químicos se analizan habitualmente en los controles que se efectúan en las depuradoras de aguas residuales.

#### 4.2. Metales

De los 8 metales pesados investigados, tan sólo el cadmio no fue detectado en aguas urbanas en ningún saneamiento, mientras todos ellos, incluido el cadmio, sí fueron detectados en aguas mixtas y aguas depuradas (Tabla 4). Por otra parte, cobre y zinc fueron los metales más frecuentemente detectados en las

aguas urbanas y mixtas, mientras que zinc y níquel fueron los más detectados en aguas depuradas. Ningún metal presentó valores medios ni máximos, superiores en aguas urbanas frente a las aguas mixtas. Además, en la mayoría de los casos el proceso depurador redujo las concentraciones de metales de entrada en EDAR frente a los metales en aguas depuradas. Debe excepcionarse aquí el arsénico y el cadmio, si bien dados los muy bajos niveles detectados, no deben tomarse como resultados realmente indicativos.

Aplicando ahora los valores umbrales del E-PRTR, todos los metales salvo el plomo y el cadmio superaron sus respectivos valores umbrales de información.

Con relación a los metales pesados, existen numerosos materiales y productos de uso cotidiano que pue-

den provocar su presencia en las aguas residuales urbanas, como es el caso de tuberías para la conducción del agua (cobre, plomo, zinc, cromo), productos de limpieza y aseo personal, envases, baterías, termómetros, material electrónico, etc. Asimismo actividades urbanas como el tráfico o incluso la escorrentía del agua de lluvia que ha estado en contacto con materiales metálicos existentes en las ciudades (cubiertas metálicas, mobiliario urbano, materiales de construcción, etc.) pueden provocar la presencia de metales en los sistemas de saneamiento.

Lógicamente, en aguas residuales industriales suele ser frecuente la aparición de muchos metales, ya que muchas actividades pueden provocar el vertido de algún compuesto metálico concreto relacionado con la actividad llevada a cabo.

### 4.3. Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP)

Todos los compuestos investigados fueron detectados en los tres tipos de aguas residuales de los saneamientos estudiados. A destacar asimismo que los niveles en aguas mixtas siempre superaron a los de las aguas urbanas (**Tabla 5**). En este sentido, los HAP se asocian principalmente a procesos de combustión, por lo que su presencia en aguas residuales urbanas se debe en gran medida a las emisiones de HPA provocadas por el tráfico, o por la combustión de fuel o gasóleos en calderas.

Con respecto a las aguas depuradas, sus niveles fueron siempre más bajos que los de las aguas mixtas de entrada a depuración, siéndolo además en concentraciones por debajo del umbral indicado en el Real Decreto 508/2007. Además, este tipo de compuestos se detectan en los fangos de depuradoras debido a su baja solubilidad. De hecho, en el borrador de Directiva que regulará el uso agrícola de los fangos se propone un límite de concentración.

### 4.4. Compuestos orgánicos volátiles (COV o VOC)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV o VOC) incluyen una amplia variedad de compuestos orgánicos, con diferentes usos. En el caso del cloroformo, el cual se detecta en gran parte de las muestras analizadas, su presencia se debe principalmente a que se genera como subproducto de la cloración de aguas potables. También cabe destacar la detección de determinados compuestos utilizados como disolventes o desengrasantes, como es el caso de xilenos, tolueno, tricloroetileno, tetracloroetileno, etc. De todos los compuestos investigados, cloroformo y diclorometano fueron los más detectados en aguas urbanas, mientras dicloroetano, naftaleno, etilbenceno, tetracloruro de carbono, hexaclorobutadieno, y los tres triclorobencenos no aparecieron en concentraciones cuantificables. En aguas mixtas de entrada a EDAR tan sólo etilbenceno y los tres isómeros del triclorobenceno no aparecieron. Aquí, además, tolueno, diclorome-

tano y cloroformo fueron encontrados en al menos el 40% de los casos. Por otro lado, en aguas depuradas se detectaron como más ocurrentes cloroformo y naftaleno, no siendo detectados en ningún caso xileno, etilbenceno, tetracloruro de carbono, hexaclorobutadieno ni triclorobencenos.

En el caso del diclorometano, también utilizado como disolvente, se detecta principalmente en colectores mixtos, aunque en el presente estudio se han detectado elevadas concentraciones en sistemas de saneamiento con un significativo aporte de vertidos ligados al sector metal-mecánico, lo que ha provocado un valor medio alto, que no se corresponde con la mayoría de los sistemas de saneamiento estudiados. En cualquier caso, cabe comentar que la concentración de este compuesto en aguas urbanas superó la de las aguas mixtas. Finalmente, indíquese que en el caso del dicloroetano (componente habitual de PVC y otros plásticos) el nivel medio en aguas depuradas superó am-

**Tabla 6**

COVs - VOCs		Urbano		Mixto			Salida EDAR			Umbral		
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Diclorometano	µg/l	28%	25,631	616,000	44%	22,374	608,000	9%	6,338	162,000	63,38	10
1,2-Dicloroetano	µg/l	0%	0,000	0,000	6%	0,778	81,000	6%	3,708	148,000	37,08	10
Cloroformo	µg/l	48%	4,105	49,300	40%	1,904	44,000	51%	0,637	15,800	6,37	200
m,p-Xileno	µg/l	15%	0,684	11,000	25%	2,415	148,000	2%	0,175	10,500	1,75	200
Tolueno	µg/l	17%	0,359	3,600	46%	1,788	30,000	4%	0,165	9,000	1,65	10
Tetracloroetileno	µg/l	7%	0,322	5,600	19%	0,720	41,0	11%	0,044	1,100	0,44	10
Tricloroetileno	µg/l	15%	0,988	28,000	7%	38,177	5.475,000	3%	0,010	0,300	0,10	10
Naftaleno	µg/l	0%	0,000	0,000	5%	0,008	0,120	37%	0,008	0,110	0,08	200
Benceno	µg/l	9%	0,102	2,300	5%	0,082	8,000	4%	0,004	0,079	0,04	200
o-Xileno	µg/l	10%	0,120	0,900	14%	1,048	64,000	0%	0,000	0,000	0,00	200
Etilbenceno	µg/l	0%	0,000	0,000	9%	1,455	118,000	0%	0,000	0,000	0,00	1
Tetracloruro de carbono	µg/l	0%	0,000	0,000	2%	0,313	10,000	0%	0,000	0,000	0,00	10
Hexaclorobutadieno	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,00	1
1,2,3-Triclorobenceno	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,00	1
1,2,4-Triclorobenceno	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,00	1
1,3,5-Triclorobenceno	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,00	1

**Tabla 6.** Resultados Compuestos Orgánicos Volátiles

pliamente al medido en aguas mixtas de entrada a EDAR. Con respecto a los umbrales para información de carga contaminante según el E-PRTR, se superó para diclorometano y dicloroetano.

#### 4.5. Plaguicidas y fitosanitarios

Si bien los resultados parciales comprendieron un mayor número de plaguicidas investigados, únicamente se han incluido en los resultados aquellas sustancias analizadas y que fueron detectadas en algún sistema de saneamiento (Tabla 7). A este respecto, muchos plaguicidas se detectan en colectores mixtos y urbanos. Respecto a las salidas de las EDAR se continúan detectando la gran mayoría de los plaguicidas, algunos de ellos con cargas superiores a los valores umbrales de información, destacando los casos del diurón, simazina y endosulfán.

Los plaguicidas agrupan a numerosas sustancias y grupos de sustancias que son utilizadas para el tratamiento de plagas, funguicidas o eliminación de hierbas por lo que se les asocia con la actividad agrícola o actividades industriales relacionadas con fabricación de estos productos. Así mismo, en zonas con actividad agrícola pueden detectarse estos compuestos por escorrentías o malas prácticas agrícolas. Muchos de estos compuestos son utilizados en épocas del año concretas para el tratamiento de determinados cultivos, por lo que pueden detectarse con carácter estacional.

En el caso de aguas residuales urbanas puede datarse la presencia de la mayoría de los investigados con excepción de diurón, clorpirifos, clorfenvinfos, alaclor, isoproturón, DDD y dieldrín. De los detectados, generalmente proceden de actividades ligadas al control de plagas en

parques, jardines, campañas de desinsectación o desratización, etc. Las concentraciones más altas de productos plaguicidas como compuestos puros correspondieron a pentaclorofenol y beta-HCH (0,075 µg/L y 0,072 µg/l) midiéndose por encima de 0,015 µg/l simazina, endosulfán-2 y alfa-HCH. En todo caso los niveles medidos de todos los plaguicidas fueron suficientemente bajos.

Con respecto a las aguas residuales mixtas de entrada a EDAR, se detectaron en mayor o menor cuantía todos los recogidos en la Tabla 7 y con concentraciones superiores a las del agua urbana excepto en varios casos concretos: atrazina, endosulfán-2, pentaclorofenol, alfa-HCH y delta-HCH. En cualquier caso, debe destacarse el caso del heptacloro cuyo valor medio con los datos disponibles fue de 1,868 µg/l. Por encima de 0,070 µg/l se detecta-

Tabla 7

Plaguicidas		Urbano			Mixto			Salida EDAR			Umbral		
Desc	Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Simazina	µg/l	9%	0,015	0,147	10%	0,022	0,164	7%	0,318	7,000	3,18	1	
Diuron	µg/l	0%	0,000	0,000	14%	0,028	0,170	35%	0,119	9,250	1,19	1	
Endosulfan 1	µg/l	8%	0,005	0,056	9%	0,061	1,580	9%	0,100	0,400	1,00	1	
Lindano	µg/l	12%	0,004	0,060	20%	0,009	0,140	13%	0,080	1,314	0,80	1	
Clorpirifos	µg/l	0%	0,000	0,000	42%	0,072	0,890	51%	0,047	0,720	0,47	1	
Atrazina	µg/l	18%	0,042	0,289	13%	0,026	0,251	11%	0,037	0,396	0,37	1	
beta-HCH	µg/l	8%	0,072	0,868	24%	0,074	0,768	7%	0,031	0,124	0,31	1	
Clorfenvinfos	µg/l	0%	0,000	0,000	33%	0,030	0,360	9%	0,026	0,300	0,26	1	
Endosulfan 2	µg/l	8%	0,025	0,296	14%	0,017	0,240	9%	0,022	0,088	0,22	1	
Pentaclorofenol	µg/l	9%	0,075	0,300	4%	0,044	0,400	12%	0,021	2,700	0,21	1	
Alaclor	µg/l	0%	0,000	0,000	20%	0,031	0,700	4%	0,016	0,530	0,16	1	
alfa-HCH	µg/l	17%	0,017	0,112	16%	0,007	0,104	7%	0,009	0,036	0,09	1	
Heptacloro	µg/l	25%	0,003	0,026	42%	1,868	9,000	38%	0,006	0,032	0,06	1	
Aldrin	µg/l	13%	0,001	0,006	7%	0,001	0,005	18%	0,005	0,020	0,05	1	
p,p'-DDE	µg/l	13%	0,005	0,065	14%	0,016	0,093	11%	0,004	0,025	0,04	1	
Isoproturon	µg/l	0%	0,000	0,000	12%	0,030	0,360	7%	0,003	0,300	0,03	1	
delta-HCH	µg/l	10%	0,005	0,040	4%	0,001	0,036	0%	0,000	0,000	0,000	1	
p,p'-DDD	µg/l	0%	0,000	0,000	4%	0,0004	0,012	0%	0,000	0,000	0,000	1	
Dieldrin	µg/l	0%	0,000	0,000	5%	0,002	0,032	0%	0,000	0,000	0,000	1	

Tabla 7. Resultados Plaguicidas.

ron clorpirifos y beta-HCH por encima de 15 µg/l diruón, endosulfán-1, atrazina, clorfeninfos, endosulfán-2, pentaclorofenol, alaclor, DDE e isotroturón.

Con relación a las aguas depuradas, no se detectaron delta-HCH, DDD ni dieldrín, que sí estaban presentes en las aguas residuales de entrada a las EDAR. Para estos casos, los plaguicidas más frecuentes fueron clorpirifos, heptacloro y diruón, seguidos de aldrín, lindano, pentaclorofenol, atrazina y DDE. En cuanto a concentraciones cuantificadas, la simazina superó los 0,300 µg/l, y diruón y endosulfán-1 superaron los 0,100 µg/l, mientras el resto de productos presentaron concentraciones más bajas.

Finalmente, si nos fijamos ahora en los umbrales establecidos en el E-PRTR para información de contaminantes, se superó el valor en el caso de simazina y diruón, no debiendo notificarse al resto de sustancias investigadas.

#### 4.6. Alquifenoles

Todos los resultados de las sustancias de este tipo investigadas durante el estudio llevado a cabo se presentan en la **Tabla 8**. La presencia de alquifenoles en aguas residuales urbanas se debe principalmente a la degradación de otros compuestos, como los polietoxilatos de alquifenol, utilizados en detergentes, también son utilizados como piroretardantes, plastificantes e in-

cluso en algunos productos cosméticos. Indíquese que los derivados de nonilfenol tienen efecto estrogénico a muy bajas concentraciones, por lo que su empleo está reglamentariamente limitado en la UE.

Cabe destacar la detección muy frecuente de mezclas de nonilfenoles, así como la de octilfenoles en mucha menor medida en las aguas residuales urbanas. Este comportamiento también se comprueba en aguas residuales mixtas, mientras en aguas depuradas se detectaron todos los compuestos investigados. Los etoxilatos de nonilfenol se han analizado en muy pocas muestras, por lo que los datos obtenidos no se consideran representativos. En todo caso, las concentraciones medidas en

**Tabla 8**

Alquifenoles		Urbano			Mixto			Salida EDAR				Umbral
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Nonilfenol (mezcla isom)	µg/l	67%	3,81	9,25	85%	7,22	33,55	78%	1,39	31,17	13,89	1
Etoxilatos de Nonilfenol	µg/l	0%	0,0000	0,0000				60%	0,8494	3,7684	8,494	1
4-n-nonilfenol	µg/l	0%	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	63%	0,08	4,15	0,83	1
4-ter-octilfenol	µg/l	9%	0,17	1,38	41%	0,31	1,48	43%	0,02	1,65	0,24	1
Etoxilatos de octilfenol	µg/l							100%	1,15	2,43	11,53	1

Comp. organoestannicos		Urbano			Mixto			Salida EDAR				Umbral
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
Monobutilestaño	µg/l	27%	0,017	0,163	10%	0,005	0,106	24%	0,376	4,300	3,759	1
Dibutilestaño	µg/l	13%	0,008	0,136	45%	0,084	0,774	26%	0,328	2,170	3,281	1
Tributilestaño	µg/l	27%	0,105	0,260	15%	0,074	0,380	20%	0,125	0,800	1,249	1
Monofenilestaño	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	23%	18,633	140,000	186,333	1
Difenilestaño	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	23%	1,250	8,500	12,500	1
Trifenilestaño	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	23%	4,117	27,100	41,167	1

Otros comp. orgánicos		Urbano			Mixto			Salida EDAR				Umbral
Desc Parámetro	uds	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	% Detec.	Valor medio	Valor máximo	kg/año	kg/año
DI(2-etilhexil)ftalato	µg/l	9%	6,375	153,000	32%	0,211	5,000	29%	0,126	5,000	1,265	1
Bromodifenileteres	µg/l											1
BDE 100	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	21%	0,001	0,020	0,006	
BDE 99	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	23%	0,001	0,020	0,006	
PCBs	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,000	0,10
Cloroalcanos C10-C13	µg/l	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0%	0,000	0,000	0,000	1

**Tabla 8.** Resultados alquifenoles, compuestos organo-estánicos y otros orgánicos.

aguas urbanas fueron inferiores a las de las aguas mixtas, reduciéndose finalmente de forma notable en las aguas depuradas. Además, se superó ampliamente el umbral de información según el E-PRTR para nonilfenoles y extoxilatos de nonilfenol.

#### 4.7. Compuestos organo-estánicos

Los compuestos investigados han sido butil-estaño y fenil-estaño (mono, di y tri-) y todos los resultados obtenidos también aparecen en la **Tabla 8**. Los compuestos organo-estánicos son utilizados como ingredientes activos para el control de organismos en productos textiles, madera, pinturas antifúngicas para embarcaciones, etc. En el caso de los fenilestaños, se han analizado en muy pocas muestras y todas las detecciones corresponden a un único sistema de saneamiento, por lo que los resultados descritos sólo se pueden considerar como indicativos. En cuanto a los butilestaños, se han detectado en varios sistemas de saneamiento, a pesar de que el tributilestaño está prohibido en la UE por su potente efecto biocida sobre organismos acuáticos.

Aparte del comentario anterior, en aguas urbanas los butil-estaños más detectados fueron el mono- y tri-butil, con concentraciones más altas que en aguas mixtas, mientras que en éstas últimas el más frecuente fue por el contrario el dibutil-estaño. El tributil-estaño presentó el más alto nivel en agua urbanas (0,105 µg/l) mientras que en aguas mixtas el dibutil-estaño exhibió el contenido más elevado con 0,084 µg/l. Con respecto a las aguas depuradas, ha de reseñarse que se detectaron las seis especies órgano-estánicas investigadas. Todas ellas superaron ampliamente los umbrales para su información según el E-PRTR, y para los butil-estaños (de los que se procesaron datos más significativos) todas las concentraciones superaron los 0,100 µg/l, correspondiendo el contenido más elevado al monobutil-estaño.

#### 4.8. Otros compuestos orgánicos

Respecto al resto de compuestos reflejados en el E-PRTR (**Tabla 8**) cabe destacar la detección de di(2-etilhexil)ftalato tanto en aguas urbanas como mixtas. Estos compuestos son utilizados para dar flexibilidad a los plásticos, incluso se han utilizado en chupetes y otros artículos para niños. En el caso de los bromodifeniléteres, se han detectado únicamente en un sistema de saneamiento, por lo que el resultado no se puede considerar representativo. El resto de compuestos analizados no se detectan. Con relación al E-PRTR, el umbral para información se superaba en el caso del di(2-etilhexil)ftalato.

Para finalizar este apartado, indíquese que hay algunos compuestos que no se han analizado en ninguna de las muestras estudiadas, debido principalmente a ser compuestos complejos, de análisis laboriosos y caros, y cuya presencia en aguas residuales es poco probable, como es el caso de dioxinas y furanos, hexabromobifenilo, mirex, toxafeno, etc.

#### 5. Discusión

En primer lugar debe matizarse que los datos aportados deben tomarse como indicativos o estimativos de la situación actual de nuestros saneamientos, establecida a través del estudio de los saneamientos concretos investigados, pero entendemos que no debemos establecer relaciones cuantitativas más consistentes habida cuenta de que las series de datos no están completas. Es decir, si bien contamos en algunos casos con datos de todos los parámetros investigados y para los tres tipos de aguas (urbanas, mixtas y depuradas), esta situación no se cumple en todos los casos, por lo que puede existir un notable sesgo en la interpretación del estudio al tomar valores de concentraciones de sustancias medias, máximas y mínimas, así como niveles de detección

en aguas que no son totalmente homogéneas.

Dicho esto, el tratamiento estadístico de los resultados analíticos de los parámetros investigados (contaminación convencional y sustancias prioritarias del E-PRTR), según se describe en el trabajo, indica que aplicando los valores umbrales de emisión, indicados en el Anexo II del Real Decreto 508/2007, el cálculo estimativo de los kg/año contaminantes a la salida de las EDARs estudiadas (>100.000 he) indica que todos los parámetros fisicoquímicos, excepto cianuros y fenoles superan los valores umbral para información pública. Esta circunstancia se deriva, evidentemente, de que en el caso de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales que procesan altos caudales, concentraciones modestas de cualquier contaminante hacen que se superen los valores umbral de información pública para las emisiones al agua, a diferencia de lo que ocurre con la gran mayoría de actividades industriales incluidas en el citado RD, en las que se necesitan concentraciones mucho mayores para superar el umbral de información pública.

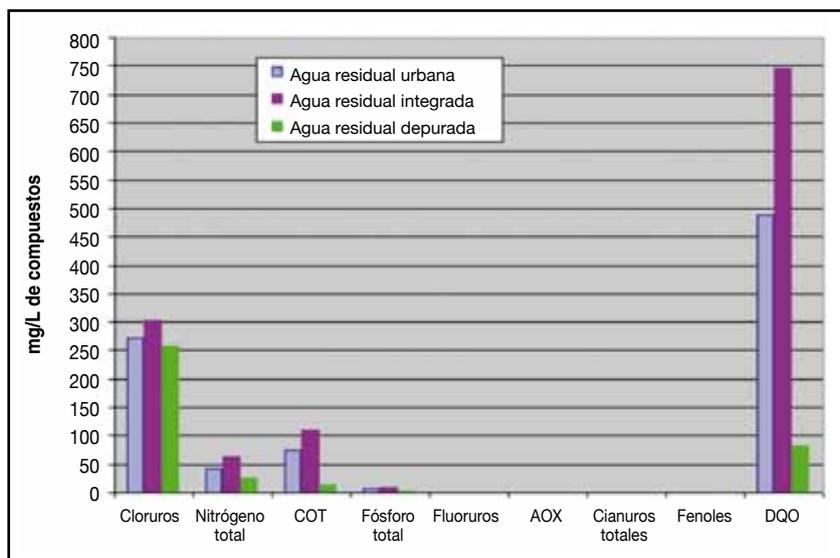
Además, se da la paradoja de que ciertas sustancias superan los valores aplicables para aguas residuales depuradas siendo estos apreciablemente más bajos que los aplicables para aguas de consumo (arsénico, cadmio, cromo, mercurio, níquel, plomo, selenio, cianuros, cloroformo, benceno, plaguicidas, tetracloroetileno) o en alimentos (lindano, hexaclorobenceno, DDE, etc.), lo cual merece una seria reflexión por parte de las administraciones competentes.

A la hora de establecer medidas de control para estas sustancias habrá de considerarse el verdadero peso de las EDAR frente a otras fuentes de contaminación, habida cuenta de que cualquier depuradora reduce el contenido global de sustancias prioritarias y contaminación emergente, actuando como un elemento de sustancial mejora ambien-

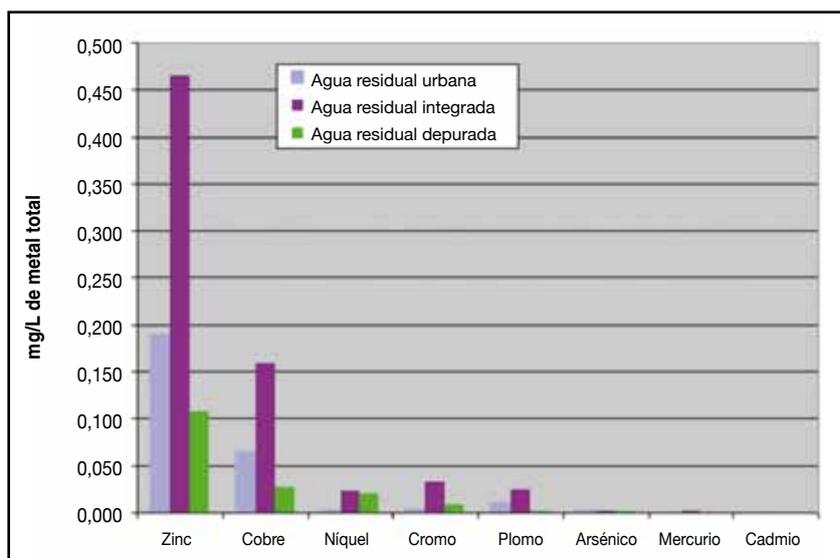
tal para nuestros cauces naturales. En este sentido, los valores de contaminación convencional en aguas urbanas no superan los de las aguas mixtas, salvo ligeramente en el caso de fenoles (**Figura 1**). Además, parece observarse que las aguas residuales mixtas de nuestros saneamientos presentan valores de carga contaminante global, expresada como DQO, más elevados que los tradicionalmente admitidos: unos 750 mg/l, frente a valores tradicionalmente más bajos. No obstante, una primera aproximación indica que los porcentajes de eliminación en las EDAR de parámetros fisicoquímicos se muestran elevados, llegando al 90% en el caso referido de la DQO.

Fijándonos ahora en el resto de contaminantes investigados, la mayoría de ellos superan o se aproximan a los valores umbral de información pública establecidos en el E-PRTR: metales; algunos plaguicidas (simazina, diurón, endosulfán, etc.); compuestos orgánicos volátiles relacionados con disolventes y desengrasantes (diclorometano, 1,2-dicloroetano, xilenos, tolueno, etc.); cloroformo; nonilfenoles; octilfenoles; y di(2-etilhexil)ftalato. Asimismo, algunos sistemas de saneamiento que reciben aguas residuales procedentes de actividades relacionadas con la transformación de metales contienen compuestos organoestánicos, debiendo tomarse esta información como indicativa, no como concluyente de la generalidad de los saneamientos españoles.

Para el caso de los metales pesados, siempre su nivel en aguas mixtas superó al de las aguas residuales urbanas debiendo notar que en aguas depuradas, salvo el caso del mercurio (probablemente no siendo significativo dado las bajas concentraciones medidas), los niveles medidos fueron inferiores a los del agua mixta de entrada (**Figura 2**). Esto indicaría dos cuestiones: la aportación minoritaria de metales ligados a las aguas urbanas, y su adecuada depuración actual en nuestras EDAR.



**Figura 1.** Parámetros convencionales en aguas urbanas, mixtas y depuradas.



**Figura 2.** Metales pesados en aguas urbanas, mixtas y depuradas.

Además, los metales cuya concentración era más alta tanto en aguas urbanas como mixtas fueron el zinc y el cobre.

Considerando ahora al grupo de hidrocarburos aromáticos policíclicos, todas las especies fueron encontradas tanto en aguas urbanas, como mixtas y depuradas. Así mismo, al detectarse niveles más altos de todos los HAP en aguas mixtas, se deduce el origen fundamentalmente industrial de estos compuestos y no asociado, al menos mayoritariamente, al componente urbano. En este sentido, en el caso del indeno-pireno su

concentración en aguas depuradas fue ligeramente superior a la de las aguas mixtas de entrada a EDAR: de confirmarse este extremo con estudios más amplios podría plantearse un problema de deficiente depuración en un futuro en nuestras depuradoras convencionales, si bien este compuesto no está sujeto al E-PRTR.

Las determinaciones del grupo de COV indicaron que el más detectado en aguas residuales urbanas fue el cloroformo seguido del diclorometano, no detectándose varios compuestos: dicloroetano, naftaleno,

etilbenceno, tetracloruro de carbono, hexaclorobutadieno ni clorobenzenos. En aguas residuales mixtas, la contribución industrial hizo que aparecieran todos los compuestos investigados a excepción de hexaclorobutadieno y los clorobenzenos. Además, los mayoritarios fueron los dos detectados en aguas urbanas y también tolueno. Finalmente, habría que comentar aquí que el nivel de diclorometano en agua urbana fue sensiblemente más alto que en aguas mixtas justificando su origen esencialmente doméstico.

Con respecto a las aguas depuradas, a destacar que el compuesto más detectado fue el cloroformo y que se eliminaron xileno, etilbenceno y tetracloruro de carbono cuya presencia se detectó en aguas mixtas. En este sentido, diclorometano y dicloroetano superaron ampliamente el umbral de información establecido en el E-PRTR.

En el caso de los plaguicidas, todos los investigados se detectaron en aguas residuales mixtas, no detectándose en aguas urbanas diurón, clorpirifos, clorfenvinfos, alaclor, isoproturón, DDD ni dieldrín. Si nos fijamos en las cantidades presentes, los mayoritarios en aguas urbanas fueron pentaclorofenol, beta-HCH y atrazina, mientras que en aguas mixtas el nivel más elevado correspondió a heptacloro, seguido de beta-HCH, clorpirifos y pentaclorofenol. Es importante señalar que en algunos casos (atrazina, endosulfán-2, pentaclorofenol y alfa-HCH) las concentraciones en aguas urbanas superaron a las de las aguas mixtas, indicando en principio, un origen ligado a usos preferencialmente domésticos para estos plaguicidas.

Con relación al agua ya depurada, se eliminaban totalmente a lo largo de la depuración delta-HCH, DDD y dieldrín, consiguiéndose reducciones no demasiado importantes para el resto de sustancias. Así mismo indíquese que para simazina y diurón se superaba el umbral para información según el E-PRTR, mientras que para endosulfán-1 se

igualaba aquél. Con lo dicho, podría pensarse en un horizonte futuro de potenciales procesos de depuración convencionales de poca eficacia o incluso totalmente ineficaces.

Comentando globalmente los grupos de alquilfenoles, compuestos órgano-estánicos y otros compuestos orgánicos se detectaron en aguas urbanas nonilfenol, octilfenol, mono, di y tributil-estaño y di(2-etilhexil)ftalato, siendo el primero de los citados y el último los que presentaban concentraciones más altas pero no superando los 7 µg/l en ningún caso. La situación no variaba en las aguas mixtas, pudiendo hacerse las mismas consideraciones que para aguas urbanas, si bien para algunos compuestos órgano-estánicos y ftalato la concentración media en aguas urbanas superaba a la existente en aguas mixtas, con lo que se infería el origen mayoritariamente doméstico de estas sustancias.

Por su parte, el agua depurada presentó niveles negativos de depuración (es decir, más concentración que en el agua de entrada a las EDAR o aguas urbanas) en varios casos: todos los compuestos de estaño (butil y fenil-estaños) y etoxilatos de nonilfenol. Esta situación, de confirmarse, puede hacer que se tuvieran que tomar medidas correctivas al respecto. Finalmente, y des-

de la óptica del E-PRTR, todos los compuestos órgano-estánicos superaron el umbral correspondiente, así como el ftalato, nonilfenoles y etoxilato de nonilfenol.

Con respecto al origen y presencia de sustancias prioritarias y otros compuestos orgánicos presentes en los sistemas de saneamiento, podemos fijarnos en las Figuras 3 y 4. En ellas se presentan aquellas sustancias cuyos niveles estadísticos de concentración fueron más altos en aguas urbanas que en aguas mixtas de entrada a EDAR. Dentro de estas sustancias encontramos desde disolventes y similares como fenoles y benceno, pasando por sustancias claramente ligadas al agua doméstica puesto que típicamente se forman en la cloración de aguas destinadas a consumo (cloroformo y diclorometano), plaguicidas y compuestos órgano-estánicos. Además, el porcentaje en que estas sustancias se encontraron más en el agua urbana que en la mixta, alcanzaron desde un 15% en el caso de diclorometano hasta casi un 100% para etilhexilftalato, pasando por el 70% para delta-HCH y monobutilestaño y entre el 20% y el 50%, aproximadamente, para el resto de compuestos.

Con estos datos puede concluirse que hay un importante número de sustancias ligadas al agua usada en

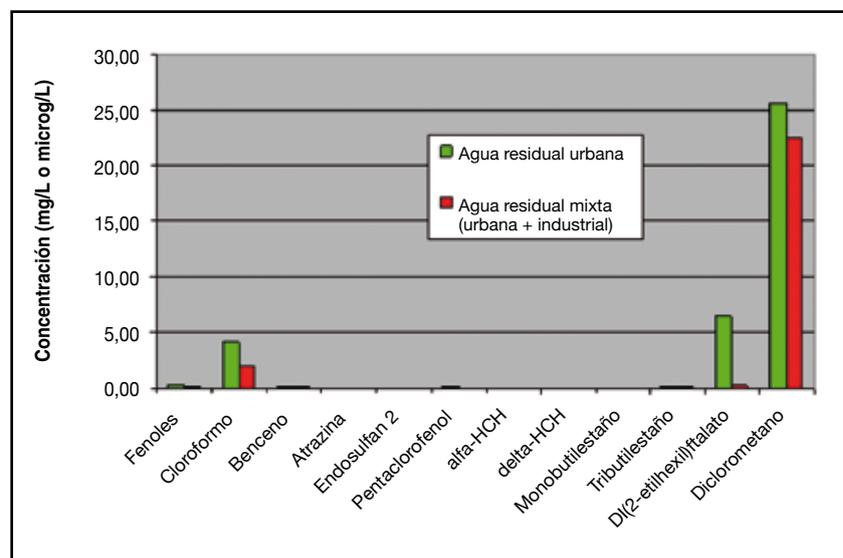


Figura 3. Contaminantes con mayor concentración de aguas urbanas versus mixtas.

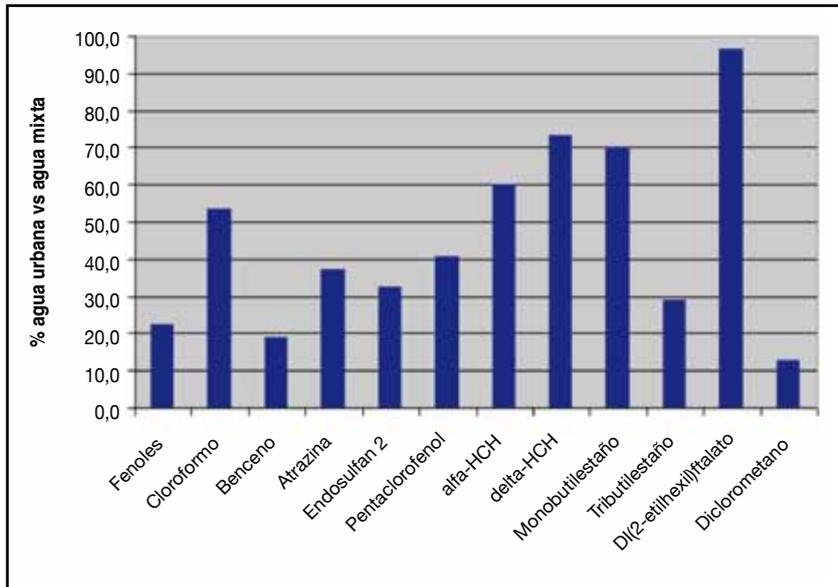


Figura 4. Contaminantes con mayor concentración de aguas urbanas versus mixtas (%).

nuestros hogares, y en general, a usos domésticos, que se incorporan a nuestras aguas residuales más que por su uso industrial, identificando un origen esencialmente doméstico para estos compuestos y prácticamente imposible de controlar (Tabla 9). En relación con ello, y para el control de estas sustancias sobre las que los gestores de los sistemas de saneamiento no pueden actuar, es necesaria la colaboración de la Sociedad y de las administraciones públicas para suprimir o controlar los productos domésticos que contengan sustancias peligrosas. Se debe actuar en el fomento de buenas prácticas en el uso de plaguicidas o alternativas más compatibles con el entorno, así como en la educación y concienciación ambiental, para que los sistemas de saneamiento no actúen como un receptor, directo o indirecto, que todo lo trata.

Por el contrario, la contaminación industrial asociada a sustancias prioritarias consiste básicamente en metales, compuestos orgánicos volátiles, detectándose también compuestos órgano-estánicos y algunos plaguicidas. La ocurrencia de estas sustancias obedece claramente a la tipología de las actividades presentes, lo que permite la aplicación eficaz de las herramientas de

control e inspección de vertido disponibles.

Podemos atender ahora a la Figura 5, en donde se recogen todas aquellas sustancias que se demuestra ser deficientemente depuradas en nuestras EDAR, atendiendo para ello que sus concentraciones en aguas depuradas son más altas que en aguas mixtas de entrada a EDAR. Sin entrar en los mecanismos que pueden explicar tal circunstancia (bioacumulación, desorción, etc.), y considerando también la salvedad

dicha al principio de que no se cuenta con datos completos de todos los saneamientos investigados (aguas residuales influentes a EDAR, y aguas depuradas de salida de EDAR) y de que, finalmente, los niveles de concentración medidos son muy bajos y no alarmantes en la actualidad, lo que sí parece cierto, es que están apareciendo nuevos contaminantes en nuestras aguas residuales, de origen muy vinculado al doméstico, lo que podría hacer que su incremento paulatino en el tiempo implicara que se tuvieran que adoptar medidas correctoras al respecto en nuestras depuradoras. Por todo ello, además de la inspección en origen, es recomendable contar con redes de control en las redes de saneamiento (urbanas e industriales) que permitan conocer la evolución temporal de ciertos contaminantes y acotar al máximo el origen de los mismos.

Es opinión también de los autores que de no actuar desde todos los ámbitos implicados, la depuración de las aguas residuales urbanas será cada vez más ineficaz, debiéndose recurrir a técnicas complementarias que encarecerán su tratamiento antes de su devolución al medio o para reutilización. No obstante y pese a detectar contaminantes emergentes en nuestros saneamientos, los prin-

Tabla 9

**Origen de algunas sustancias detectadas**

- Metales (Cu, Zn, Pb, Cr): conducciones domésticas de agua, productos de limpieza, aseo personal, tráfico urbano, mobiliario urbano (corrosiones), acumulación de suciedad de viario público.
- HAPs: tráfico, calefacción
- Cloroformo, diclorometano: cloración aguas, disolventes.
- Xilenos, toluenos, cloroetilenos: desengrasantes, disolventes.
- Insecticidas, fitosanitarios: control de plagas, jardinería.
- Alquilfenoles: detergentes, productos de limpieza, cosméticos, recubrimientos de envases.
- Compuestos órgano-estánicos: pinturas, barnices, tratamientos de maderas, prendas textiles.
- Ftalatos: aditivos de plásticos (chupetes y otros productos infantiles).

**Otras sustancias no investigadas específicamente**

- Medicamentos
- Disruptores endocrinos
- Analgésicos
- Drogas variadas...

Tabla 9. Fuentes domésticas de emisión de contaminantes de agua residual.

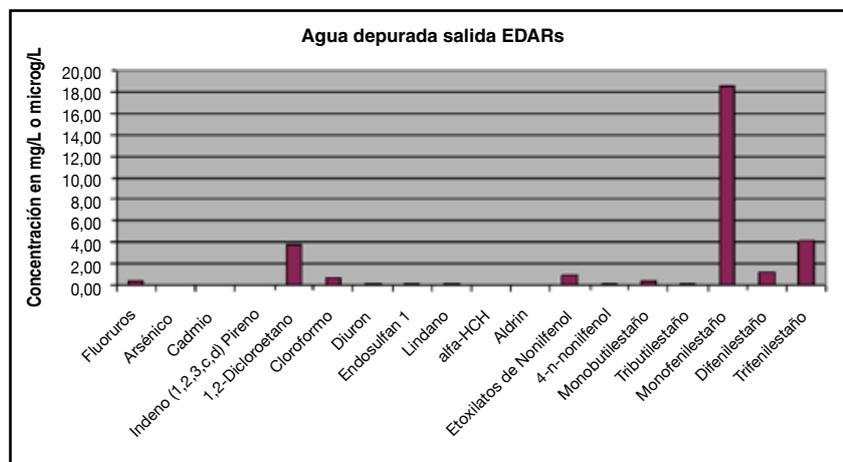


Figura 5. Contaminantes deficientemente depurados.

principales problemas a los que se enfrentan los gestores de nuestras depuradoras continúan teniendo relación con los contaminantes tradicionales (DQO, DBO<sub>5</sub>, sólidos,

amoníaco, sales, nitrógeno, fósforo, etc.) que son eficazmente depurados. Así pues, debe significarse que la labor del Control e Inspección de Vertidos es fundamental y comple-

mentaria con la depuración de las aguas, y su coste asociado retorna de forma positiva al ciclo integral del agua contribuyendo a un mejor rendimiento de los sistemas de tratamiento y depuración, o sea, al coste ambiental y al del ciclo integral del agua.

Además de los contaminantes descritos en este trabajo, en las redes de saneamiento también se detecta la presencia de otros contaminantes, como selenio, estaño, acetona, otros plaguicidas (propazina, malatión, etion, terbutilazina, etc.). Asimismo cabe señalar que en otros estudios de aguas residuales urbanas se detecta la presencia de otros contaminantes emergentes, fármacos y drogas, por lo que en un futuro se puede complicar el control y análisis de aguas residuales y su tratamiento.

## PUBLIQUE SUS PAPPERS EN TECNOLOGÍA DEL AGUA

La revista Tecnología del Agua tiene como objetivo esencial la divulgación e intercomunicación entre todas aquellas personas y entidades vinculadas al mundo del agua. Por lo tanto, en la presentación de los trabajos es necesario tener en cuenta un conjunto de exigencias habituales en el periodismo científico-técnico relacionadas con la forma y el contenido de esos artículos. A continuación relacionamos algunas normas con el fin de facilitar la publicación de los artículos.

1. El título no debe sobrepasar en total los 100 espacios. Es obligatorio la traducción en inglés.
2. Deberán figurar el nombre y dos apellidos del autor o autores, su titulación y/o cargo en el organismo o empresa al que pertenezcan, dirección completa, teléfono de contacto, fax, correo-e y web.
3. Al inicio del artículo se incluirá un breve resumen de no más de 100 palabras en español y su traducción, junto con el mencionado título, en inglés. También las palabras claves (de 5 a 10) del artículo y su traducción en inglés.
4. El texto seguirá una línea de explicación coherente y progresiva, contando de partes con subtítulos enumerados, que habitualmente empiezan con una introducción (punto 1) al tema para pasar a su estudio pormenorizado, terminando con las conclusiones, a modo del resultado, del estudio. Finalmente se relacionarán los agradecimientos (si los hubiera), así como la bibliografía o aquellos textos cuya lectura se recomienda (último punto del artículo).
5. El artículo se redactará evitando el lenguaje académico o excesivamente denso, sin por ello dejar de mantener un rigor conceptual, explicando cuando convenga aquellos términos o conceptos de uso poco habitual.
6. Preferentemente se utilizarán frases y párrafos cortos. Debe evitarse la inclusión de notas a pie de página, incorporándolas dentro del texto.
7. Se cuidará la correcta expresión de las unidades, símbolos y abreviaciones.
8. El texto tendrá una extensión de unas 5-10 hojas, formato DIN A4 a espacio simple. Tipo de letra preferente: Times New Roman, 12.
9. Preferentemente se incluirán gráficos, esquemas, dibujos o fotografías en color para facilitar la comprensión del texto, procurando que tengan suficiente calidad gráfica para su reproducción directa. Cada figura llevará su número y pie explicativo. Si las fotografías y dibujos son enviados por e-mail, CD-Rom, etc., deben tener un mínimo de 300 píxeles de resolución, tamaño 13x8 cm, y en formato jpg, tiff o bmp, preferentemente.
10. El artículo se remitirá vía correo-e sin que sobrepase los 5 megas. Si es así, se ruega el envío en dos o más partes. Las gráficas, figuras o imágenes pueden enviarse por separado, indicándose su ubicación en el texto escrito.
11. Los artículos deberán dirigirse al Director Técnico o Jefe de Redacción de la revista Tecnología del Agua, a la dirección siguiente: r.vinagre@rbi.es
12. Una vez recibido el artículo, la dirección de la revista estudiará su contenido. En caso de aceptación se indicará la fecha aproximada de publicación, que depende del tema del artículo y su relación con el contenido de cada número de la revista; y el orden de artículos recibidos con anterioridad.
13. Una vez publicado el artículo, la revista envía un par de ejemplares a cada autor firmante. A solicitud del interesado se puede enviar una carta o fax donde se especifique la aceptación del mismo antes de su publicación.

Finalmente, y si bien los resultados obtenidos pueden servir de base para establecer un punto de partida para el estudio de la presencia de contaminantes en los sistemas de saneamiento, habrá que tener en cuenta para cada sistema de saneamiento sus propias características, procedencia de las aguas, actividades industriales y agroganaderas presentes (con tipo de plagas habituales y uso de fertilizantes y similares en la zona) así como, lógicamente, el rendimiento de depuración exigible y el obtenido para cada uno de los parámetros contaminantes evaluados en atención al tipo de EDAR concreto existente.

Asimismo, habrá que tener en cuenta para futuros estudios de este tipo de contaminación su relación con los episodios de lluvias por dos motivos:

- El aumento de los caudales en colectores unitarios, con el consiguiente arrastre de sedimentos acumulados en los colectores.
- La escorrentía asociada que provoca el arrastre de contaminantes (HAP, metales, plaguicidas...) ligados a la contaminación atmosférica, lavado de calles y vías de circulación, tejados, zonas ajardinadas, etc.

## 6. Conclusiones

La contaminación existente en las aguas residuales de nuestros saneamientos continúa siendo especialmente la convencional, si bien parece detectarse un incremento de la carga convencional expresada como DQO, con respecto a la admitida hasta ahora.

Se comprueba la presencia de diversos compuestos orgánicos, así como de metales pesados en las aguas residuales urbanas de saneamientos de todo el país. Para algunos su origen mayoritariamente doméstico parece bastante claro, lo que debe influir para que se tomen actuaciones de control en origen y de concienciación ambiental de la ciudadanía practicando un consumo ambientalmente sostenible.

Los porcentajes de eliminación en las EDAR de parámetros fisicoquímicos, metales, HPA, compuestos orgánicos volátiles y alquiflenoles (salvo excepciones) son superiores al 50%, llegando al 90% en DQO y al 100% en algunos volátiles. Plaguicidas, compuestos organoestánicos y otros compuestos orgánicos, presentan menor tasa de reducción, incluso casi nula, por lo que se pueden calificar de persistentes. Parte de las sustancias eliminadas pueden haberse incorporado a los fangos o haber pasado a la atmósfera.

Pese a lo anterior, la superación de los umbrales de información pública establecidos en el E-PRTR para varias sustancias podría implicar en su momento, dificultades en el cumplimiento de las Autorizaciones de Vertidos a cauce público, así como restricciones en el uso del agua depurada después regenerada, así como en el uso de los subproductos de depuración (biosólidos) generados por nuestras EDAR.

Finalmente, parece oportuno plantearse redefinir cómo son ahora nuestras aguas residuales domésticas para ayudar a gestionar mejor nuestros sistemas integrados de saneamiento y depuración.

## 7. Agradecimientos

A todos los miembros del Grupo de Vertidos Industriales y de Laboratorio de la Comisión V de AEAS por sus aportaciones, así como a sus correspondientes empresas y administraciones por la colaboración desinteresada prestada.

## 8. Bibliografía

- [1] Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas (BOE nº 96 de 21-04-07).
- [2] Reglamento (CE) nº 166/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de enero de 2006, relativo al establecimiento de un registro europeo de emisiones y

transferencias de contaminantes y por el que se modifican las Directivas 91/689/CEE y 96/61/CE del Consejo (DOUE L33 de 4-02-06).

- [3] Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.
- [4] Guía para la implantación del E-PRTR, Comisión Europea - Dirección General del Medio Ambiente. Documento de 31 de mayo de 2006.
- [5] Gasperi, J.; Garnaud, S.; Rocher, V.; Moilleron, R. (2008). 'Priority pollutants in wastewater and combined sewer overflow'. *Science of the total Environment*, 407 (1), 263-272.
- [6] Postigo, C.; Gros, M.; Kuster, M.; Petrovic, M.; López de Alda, M.; Barceló, D (2008). 'Presencia de fármaco y drogas en aguas residuales'. *Tecnología del Agua*, 303, 26-40.
- [7] Ripollés Pascual, F.; Santateresa Forcada, E. (2007). 'La problemática asociada a las sustancias prioritarias en las redes de saneamiento'. *Actas de las XXVI Jornadas Técnicas de AEAS*.
- [8] Ripollés Pascual, F.; Marín Galvín, R.; Santateresa Forcada, E.; Lahora Cano, A.; González Canal, I. (2009). 'Presencia de contaminantes emergentes y aplicación del E-PRTR en saneamientos públicos'. *Actas de las XXIX Jornadas Técnicas de AEAS*.
- [9] Seriki, K.; Gasperi, J.; Castillo, L.; Scholes, L.; Eriksson, E.; Revitt, M.; Meinhold, J.; Atanasova, N. 'Priority pollutants behaviour in end of pipe wastewater treatment plants'. [www.scorepp.eu](http://www.scorepp.eu).