



Control de la contaminación en origen y sus implicaciones económicas: una vía hacia la eficacia de los saneamientos

Rafael Marín Galvín coordinador del Grupo Inspección de Vertidos y Laboratorio de la Comisión V de la Asociación Española de Abastecimientos de Aguas y Saneamiento (AEAS) y jefe de Control de Calidad, Calidad y Medio Ambiente de Empresa Municipal de Aguas de Córdoba (Emacsa)

La carga contaminante tanto convencional como de sustancias refractarias a la depuración se incrementa paulatinamente en las aguas residuales. Además, de todas las contribuciones a las mismas, los vertidos industriales son los únicos sujetos a seguimiento periódico al existir normativas aplicables al efecto. En todo caso, reducir la carga contaminante que llega al saneamiento, la denominada reducción de contaminación en origen, puede abordarse por dos vías: la fabricación de productos de uso cotidiano tanto doméstico como industrial que sustituyan compuestos químicos más agresivos frente al entorno (y más refractarios a la depuración en las EDAR municipales) por otros más sostenibles ambientalmente; o bien favorecer la implantación de rutinas de predepuración de efluentes en las propias industrias, no teniendo que ser tal práctica gravosa para el industrial, sino al contrario. Finalmente, toda práctica de reducción de contaminación facilitará la explotación y maximizará el rendimiento de nuestras depuradoras, abaratando costes y consiguiendo una mayor sostenibilidad ambiental.

Palabras clave

Agua residual urbana, agua residual industrial, aguas residuales domésticas, EDAR, metales pesados, sustancias prioritarias, sustancias preferentes, fangos de depuración.

Pollution control at source and its economic implications: a way towards the efficiency of sanitation

Polluted load in sanitation, both conventional and refractory to be treated, is increasing gradually. In addition, effluent industrial discharges to networks sewage are the only ones to be subject to regulations applicable to the monitoring effect, which is not possible with respect to domestic wastewater. In any case, to reduce the pollution load reaching the sanitation, the so-called pollution reduction at source, can be tackled in two ways: firstly, by manufacturing of both domestic and industrial use products therein replacing aggressive chemicals from the environment (and debugging refractory municipal WWTP) by more environmentally sustainable; secondly, by encouraging the establishment of effluent pretreating routines in the industries themselves, not having to be so burdensome for industrial practice, but the opposite. Finally, all pollution reduction practice facilitates the exploitation and could maximize the performance of our treatment plants, reducing costs and achieving greater environmental sustainability.

Keywords

Urban wastewater, effluent industrials, domestic wastewater, WWTP, loud metals, priority substances, preferred substances, sewage sludge.



1. Introducción

La dinámica de sostenibilidad ambiental a la que necesariamente debería encaminarse nuestra sociedad se sustenta en varios pilares. Uno de ellos es el derivado de la inexcusable depuración de todas las aguas residuales, domésticas e industriales, de las ciudades, circunstancia obligada de todo punto por la normativa europea y estatal.

Las aguas residuales, las que en este momento discurren por las redes de saneamiento, contienen cargas contaminantes compuestas por sustancias residuales o modificadas desde las anteriores, cuya variedad y dificultad de tratamiento posterior en una EDAR convencional se demuestran cada vez más amplias las primeras y problemáticas las segundas.

Asimismo, las aguas residuales urbanas o municipales cuentan con tres emisores principales: las industrias y asimilados (constituyendo las aguas residuales o vertidos industriales); los domicilios de particulares (o aguas residuales domésticas o domiciliarias); y la contaminación difusa (parques, jardines, baldeo de vías públicas, escorrentías de lluvias...). De las tres fuentes citadas, tan solo los vertidos industriales pueden ser objeto de la aplicación de seguimientos y verificaciones periódicas enfocadas a la exigencia de responsabilidades por emisión de cargas contaminantes fuera de norma, si fuese el caso.

Además, las limitaciones de concentración de contaminantes emergentes, englobando en esta denominación las conocidas sustancias prioritarias, preferentes, prioritarias peligrosas, así como farmacéuticas, y de otro tipo, plantean un escenario poco halagüeño con relación a la eficacia ahora demandada a las EDAR convencionales (mayoritariamente, biológicas), diseñadas, probablemente, para otros menesteres.

En depuración, la contaminación que más eficazmente se depura es aquella que no llega a la depuradora. Por ello, este artículo intenta justificar una vía real de conseguir que los sistemas de depuración de aguas usadas sean eficaces sin tener que llevar a cabo cuantiosas inversiones, aplicando un consistente escenario de control de contaminación en origen

En la actualidad todos los expertos coinciden en una serie de cuestiones:

- Las EDAR fueron concebidas para eliminar carga contaminante convencional: DQO, DBO₅, y sólidos, fundamentalmente. El diseño apenas ha variado en los últimos 20 años.

- En muchas ocasiones no cuentan con un mantenimiento eficaz (ni preventivo ni correctivo) a causa de elementos distorsionadores ajenos al explotador (léase falta de medios económicos).

- Ante el reto de la depuración de compuestos emergentes y otros refractarios a la depuración convencional, su eficacia resulta lógicamente, limitada en muchos casos.

- El cumplimiento de las Normas de Calidad Ambiental, que sin ningún tipo de coeficientes correctores se aplican en la gran mayoría de las autorizaciones de vertido a cauce público, es, cuanto menos, problemático y poco sostenible a corto plazo.

- Una parte muy notable de la contaminación emergente aportada a los saneamientos procede de los hogares, lo que implica una nula capacidad de actuar en su limitación desde el gestor del saneamiento (salvo episodios especialmente graves y comprobados).

- Finalmente, el sector también coincide en que la disponibilidad

económica para acometer la remodelación necesaria de las EDAR a gran escala a fin de luchar contra la situación actual de carga contaminante *in crescendo* de las aguas residuales municipales, es muy escasa (en realidad, nula).

Todos los puntos reseñados llevan en ocasiones a algún avisado investigador a señalar a las depuradoras como las causantes de la contaminación vertida a los cauces públicos, y del deterioro del medio ambiente acuático, olvidando el hecho de que en las EDAR se procesa la carga que llega (mucho procedente, ya se ha dicho, de los propios domicilios), se reduce su contenido en función de disponibilidad técnica y de diseño, y no se adiciona carga contaminante suplementaria.

A efectos aclaratorios, la carga contaminante que porta un agua residual urbana tiene tres componentes típicas: aguas residuales domésticas o domiciliarias; aguas residuales industriales (ambas mayoritarias); y, por último, contaminación difusa (parques, jardines, baldeo de calles, episodios de lluvia...).

En resumidas cuentas, una EDAR, aunque funcione deficientemente, siempre entregará al medio un agua depurada en mejores condiciones que en las que las recibe. Esta aseveración, comprobada diariamente en cualquier depuradora, acaso debiera rebajar el discurso alarmista que se

lanza desde ciertas instancias a la sociedad.

Un viejo axioma en depuración indica que la contaminación que más eficazmente se depura es aquella que no llega a la depuradora. Por lo dicho, este artículo va a intentar justificar que una vía real de conseguir que los sistemas de depuración de aguas usadas sean eficaces, sin tener que llevar a cabo cuantiosas inversiones, será la de aplicar un consistente escenario de control de contaminación en origen, en todos sus ámbitos.

2. Control de contaminación en origen

El concepto de control de contaminación en origen ha de formularse bajo dos matizaciones. En primer lugar, que una forma de controlar y limitar la contaminación en origen (contaminantes convencionales -sólidos, DBO₅, DQO, nitrógeno y fósforo, sobre todo-, así como contaminantes emergentes -cada vez más habituales en las aguas residuales municipales de nuestros saneamientos-) se inicia en el propio proceso de fabricación de los productos comerciales, sean estos destinados bien a uso industrial, bien a usos domésticos. Control de la contaminación en origen en sentido amplio.

El segundo aspecto o matización ha de ser el de la implantación de rutinas de depuración y tratamiento de efluentes residuales y aguas residuales industriales antes de su ingreso en las redes generales de saneamiento, la cual debe ser llevada a cabo en las propias industrias y empresas que los generan como parte consustancial de su rutinaria actividad febril. Nótese el distinguo de que ahora se habla de control de contaminación en origen desde la óptica del gestor del saneamiento, no en su ámbito más general.

Tabla 1. Reducción de contaminantes emergentes en las EDAR convencionales.

Compuesto químico	% reducción en EDAR
Bencenos e hidrocarburos aromáticos policíclicos	
Benceno	83-96%
Naftaleno	69-95%
Fluoranteno	66-97%
Antraceno	32-80%
Benzo(a)pireno	55-78%
Benzo(g,h,i)perileno	56-62%
Compuestos clorados alifáticos	
Diclorometano	≈ 60%
Cloroformo	51-93%
Dicloroetano	≈ 94%
Clorobencenos y clorofenoles	
1,2,5-triclorobenceno	≈ 98%
Hexaclorobenceno	70-90%
Clorofenol	≈ 85%
Pentaclorofenol	≈ 85%
Hexaclorociclohexano	40-84%
Plaguicidas	
Lindano	32-94%
Isoproturón, diurón	< 10%
Simazina, atrazina	< 40%
Clorpirifós, clorfenvinfós	< 10-80%
Endosulfán	46-95%
Disruptores endocrinos	
Nonilfenoles, octilfenoles	32-95%
Dietilhexil-ftalatos	50-95%
Difeniléteres-bromados	>90%

2.1. Aspectos técnicos: fabricación de productos comerciales

Con relación a la elaboración de productos de mercado destinados a industrias, comercios y hogares, será determinante en los procesos productivos instrumentar mecanismos que favorezcan la progresiva sustitución de aquellos compuestos y preparados químicos que demuestren ser especialmente agresivos frente al entorno, por otros que, en

función del conocimiento y disponibilidades técnicas, lo sean menos. Esta práctica habrá de mantenerse en el tiempo en función del avance de la ciencia y de la técnica.

Aplicando lo dicho se pondrá a disposición del consumidor un abanico de productos, unos más contaminantes que otros, para que en función de su compromiso con el entorno escoja. Aquí el aspecto de la denominada concienciación ambiental será decisivo a la hora de



verter más o menos carga contaminante desde los hogares.

Evidentemente, la menor presencia y más baja concentración de cualquier tipo de contaminantes en todos los productos comerciales usados por el hombre (insístase, hogar e industria) repercutiría en sus menores tasas de vertido bajo la forma de desechos líquidos emitidos al agua residual urbana, favoreciéndose de este modo una posterior depuración más eficaz del efluente en las EDAR, tanto en las actuales como en las futuras.

Como soporte práctico a lo dicho, la **Tabla 1** recoge los porcentajes medios de reducción de diversos contaminantes de los calificados emergentes en EDAR convencionales (biológicas): pueden apreciarse los problemas de depuración que podrían plantearse en muchos casos por la presencia de estos compuestos en el agua residual urbana, que en una concentración suficientemente elevada podrían a su vez conducir a la emisión de aguas depuradas a los cauces libres, con niveles de contaminación emergente importantes y, probablemente, fuera de los límites paramétricos establecidos en las Normas de Calidad Ambiental (RD 60/2011), las cuales hoy por hoy han de tomarse como referente.

De forma paralela, el conocido reglamento E-PRTR o registro de emisiones al medio, en su apartado de aguas también establece, si bien no incumplimientos de norma (hasta la fecha), sí al menos obligatoriedad, informar sobre una serie de compuestos si la carga contaminante vertida por una EDAR (> 100.000 habitantes equivalentes -he, es decir, caudal vertido por concentración del contaminante) supera unos límites establecidos en la normativa.

De nuevo con la **Tabla 1**, se agrupan los compuestos químicos en cinco grupos: bencenos y HAP, clorados alifáticos, bencenos y fenoles clorados, algunos plaguicidas típicos y, por último, disruptores endocrinos.

Sin entrar ahora en las derivaciones toxicológicas para el medio de los compuestos reseñados, solo comentar su potencialidad para provocar afecciones diversas sobre la flora y la fauna (toxicidad renal, hepática, genética...), incluso con generación de episodios de transexualidad en especies (en función de concentración y escenario hidrico concreto, **Figura 1**).

Asimismo, aunque los rendimientos depuradores obtenidos están en función de concentración inicial de contaminante, EDAR concreta y criterios de explotación, aquellos compuestos cuyos porcentajes de reducción de concentración sean inferiores al 60-70% previsiblemente provocarían aguas depuradas fuera de norma a criterio de los Organismos de Cuenca e incumplimientos de las preceptivas autorizaciones de vertido a cauce público.

Podría ser el caso de varios hidrocarburos aromáticos policíclicos, cloroformo y diclorometano, hexaclorociclohexano, la gran mayoría de los plaguicidas habitualmente em-

pleados en hogares y ciudades, así como gran parte de los compuestos catalogados como disruptores endocrinos.

Para que no se trate lo dicho como una afirmación gratuita, algún ejemplo ilustrativo al caso. La concentración media de nonilfenoles en las aguas urbanas españolas (domésticas + industriales) se cifra en unos 7 µg/L. Los nonilfenoles provienen mayoritariamente de los detergentes comerciales, y el 40% de los efluentes urbanos de los mismos tiene procedencia doméstica (es decir, son en la práctica incontrolables).

Las tasas de eliminación de estos compuestos en las EDAR se sitúan entre el 30% y el 90% (aproximadamente). Si se supone el caso más favorable, o sea, el de una eliminación del 90%, el agua depurada en una EDAR de comportamiento óptimo contendría 0,7 µg/L de nonilfenoles, pero las NCA fijan el máximo en 0,3 µg/L. ¿Sería el vertido no apto o fuera de norma? Hasta la fecha y con los criterios restrictivos de la administración hidráulica, sí.

Además, aplicando el E-PRTR, para una ciudad con un vertido de unos 75.000 m³/día, se evacuarían al medio 19 kg/año, cantidad superior a 1 kg/año, con lo que el gestor habría de informar anualmente

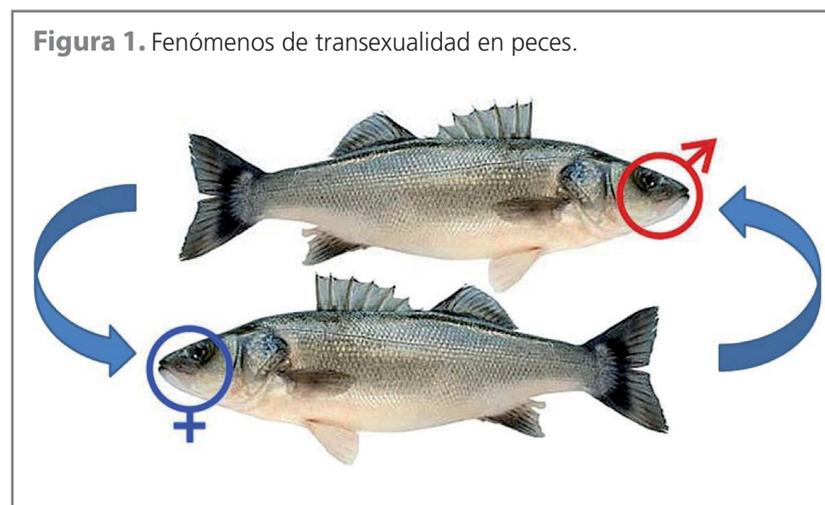


Figura 1. Fenómenos de transexualidad en peces.

Tabla 2. Reducción de metales y compuestos organometálicos en las EDAR convencionales.

Metales y organometálicos	% reducción en EDAR
Cadmio	50-96%
Plomo	60-93%
Níquel	< 5-80%
Tributilina (estaño)	60-95%

sobre esta circunstancia. Hasta la fecha, recuérdese, solo es necesario informar, sin otras consideraciones reglamentistas. Pero en este mundo economicista tarde o temprano todo se transformará en tasas, cánones, impuestos y demás gravámenes económicos.

Siguiendo con esta revisión, se aportan ahora algunos datos sobre la reducción del contenido en metales de las aguas residuales españolas en las EDAR biológicas. El caso de los metales puede ser ligeramente distinto al de los compuestos orgánicos comentados anteriormente en el sentido de que, si bien los orgánicos pueden degradarse química o biológicamente en la EDAR, o incluso por volatilidad escapar desde el agua al aire (circunstancia que también comparte el mercurio), los metales se bioacumulan en los fangos de depuración, trasladando el problema a estos subproductos y restringiendo su reutilización y valorización posterior.

Debe matizarse que también los compuestos orgánicos se bioacumulan en los fangos de depuración. Lo que ocurre es que, hasta la fecha, no existe restricción legal sobre el tema, si bien es una cuestión que se haya en revisión en la Unión Europea (UE) y que se trasladará en un próximo futuro como probable Directiva europea.

Otro ejemplo al caso: la concentración media de plomo en aguas urbanas españolas se cifra en 79

µg/L. Supuesta una EDAR en que su nivel se reduzca un 90% (rendimiento muy elevado, según **Tabla 2**), el agua depurada contendría casi 8 µg/L, con lo que nuevamente estaría ligeramente por encima de lo establecido en las NCA. Con relación al reglamento E-PRTR, el vertido anual de una EDAR de 75.000 m³/día sería de más de 200 kg/año, cantidad muy superior al tope de 20 kg/año que implicaría la obligatoriedad del gestor de informar sobre este aspecto.

De cualquier forma, y como resumen de lo aportado, el impulso que desde la UE puede representar el registro REACH de productos y compuestos químicos con incidencia medioambiental, u otros registros similares (farmacéuticos, médi-

cos...) puede ser, y de hecho es, un mecanismo insustituible en la lucha contra la contaminación del medio acuático.

Abundando en lo anterior, si se pasa revista a la composición de cualquier producto comercial usado en nuestros hogares (limpiadores, desinfectantes, detergentes, insecticidas domésticos, cosméticos, etc.), la diversidad de componentes del mismo puede realmente asombrar (**Figura 2**). Nótese que los componentes reseñados han sido extraídos de la información suministrada por los fabricantes y que consta en los propios envases de productos, huyéndose de cualquier ejercicio gratuito de imaginación.

En cualquier caso, el poder contar con una gama de productos con diferentes calidades ambientales posibilitará que el consumidor pueda optar entre varias opciones, unas más limpias ambientalmente que otras, con lo que el aspecto de su propia concienciación ambiental será una baza a jugar en la preservación del entorno a través de la restricción de emisión de contaminantes refractarios a la depuración.

Figura 2. Los productos de limpieza doméstica suelen tener componentes químicos que llegan a las EDAR.





2.2. Aspectos técnicos: depuración de vertidos en origen

El segundo aspecto o matización ligado al control de contaminación en origen ha de ser el de la implantación de rutinas de depuración y tratamiento de efluentes residuales y aguas residuales industriales antes de su ingreso en las redes generales de saneamiento, la cual debe ser llevada a cabo en las propias industrias y empresas que los generan como parte consustancial de su rutinaria actividad febril.

Se trataría, por supuesto, de un control en origen desde el punto de vista de los gestores del saneamiento, puesto que para estos el origen de la contaminación recibida radica aguas arriba de los colectores y, en ese sentido, los propios vertedores industriales serían los que posibilitarían la limitación en origen de sus propios efluentes.

Como comentario, afortunadamente hoy nuestros procesos de depuración de vertidos industriales cuentan con una notable nómina de actores que son capaces de acometer el tratamiento de la práctica totalidad del espectro de aguas residuales industriales a las que enfrentarse.

En este sentido, la cuestión es que desde el gestor del saneamiento se transmita al industrial una rentabilidad tanto económica como técnica derivada de la aplicación de rutinas de predepuración de efluentes en sus propias instalaciones, frente a los costes asociados a no llevar a cabo estas prácticas: gravámenes por tasas y otros conceptos relacionados con la mayor carga contaminante, expedientes y sanciones por vertidos fuera de norma, etc., cantidades que podrían ser amortizadas en plazos temporales del orden de 5 años (o menos) en la gran mayoría de los casos.

Como ejemplo, el de una empresa alimentaria que abonaba al gestor del saneamiento en función de su carga contaminante (sólidos y carga biodegradable) del orden de 85.000 €/año y que, tras instalar un sistema de predepuración para reducción de su carga, conseguía un ahorro del 37% en su factura, con lo que lograba amortizar la EDARI instalada en un plazo inferior a 4 años.

De lo dicho hasta ahora, obsérvese que la primera cuestión tratada, es decir, control en origen del uso de compuestos contaminantes en fabricación de productos comerciales, tiene un traslado muy significativo para el ámbito doméstico y con respecto al espacio de la denominada contaminación por fuentes difusas (por supuesto, también en el industrial), lo cual resulta muy positivo, ya que la emisión de contaminación emergente asociada a las aguas residuales domésticas o domiciliarias, así como a la contaminación difusa de nuestras ciudades, es de muy complejo seguimiento para los gestores de las redes de saneamiento, que en realidad no cuentan con mecanismos útiles al efecto en las normativas sectoriales aplicables (ordenanzas y reglamentos de vertidos) ni en realidad pueden actuar caso de detectar este tipo de episodios.

Con relación a la segunda cuestión, implantación de rutinas de predepuración y tratamiento de efluentes residuales y aguas residuales industriales como proceso paralelo al de fabricación de bienes, esta sí está enfocada a un control y seguimiento de vertidos estrictamente industriales (en puridad los realmente controlables por los gestores de los saneamientos), siendo además de una comprobación rutinaria y discrecional relativamente fácil para los anteriores, los cuales están en disposición de tomar medidas correctoras

y eficaces sobre el particular. Se trata de aplicar lo recogido en la práctica totalidad de las ordenanzas y reglamentos de vertidos.

3. Balance económico

Un aspecto muy relevante relacionado con el control de contaminación en origen es el balance económico ligado a las actuaciones de control e inspección de vertidos. La propia Directiva Marco del Agua ya establece, en última instancia, la repercusión de costes y su traslado sobre el usuario final del servicio.

Como en cualquier balance económico, hay que comparar los gastos invertidos en el servicio con los ingresos obtenidos. En primer lugar, se trata el coste económico de un servicio de inspección y control de vertidos típico, para lo cual se utilizan datos recopilados por el Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos y Laboratorio de la Comisión V de la AEAS. Así pues, la información recogida indica que a lo largo de un año:

- Se llevan a cabo una media de 145 inspecciones por técnico de un servicio de inspección.
- Se toman un total de 114 muestras.
- Se gira visita a unas 49 industrias.
- Se investigan en laboratorio 1.037 parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de toxicidad.

Con relación a la valoración económica puede concluirse que:

- La valoración del coste medio de cada inspección de vertidos es de 299,85 €.
- El coste medio de cada análisis (incluyendo toda la tipología de analíticas practicadas en la actividad) es de 172,04 €.



El beneficio económico neto de un servicio de control de vertidos supera ampliamente los costes y estimaciones reales sobre el balance económico en la actividad. Según este trabajo, los beneficios económicos reales del control e inspección suelen triplicar, al menos, la inversión en la implantación y mantenimiento del servicio

- El coste medio de un muestreo puntual se cifra en 50,45 €.

- Finalmente, el coste medio de un muestreo integrado (utilizando un equipo tomamuestras secuencial comercial) se valora en 86,6 €.

La infraestructura de un servicio de inspección y control de vertidos depende, lógicamente, del tipo de empresa, del saneamiento concreto a controlar y de los requerimientos de la normativa aplicable (ordenanza o reglamento de vertidos concreto) en cuanto a sistemática práctica de muestreos y seguimientos, así como del grado de control y verificación que se quiera implantar en cada caso.

Supóngase un servicio de inspección integrado por dos técnicos. Se habrán llevado a cabo, anualmente, un total de 290 inspecciones de vertidos al saneamiento. El coste invertido en el proceso de inspección habrá sido de: $290 \times 299,85 \approx 87.000$ €/año.

Así mismo, de los 228 muestreos realizados, puede estimarse que el 80% de los mismos haya sido puntual, es decir, 182, mientras el restante 20% hayan sido muestreos integrados, en este caso 46. Con estos supuestos, el coste invertido en el proceso de toma de muestras (puntuales e integradas) habrá supuesto: $182 \times 50,45 \approx 9.200$ €/año (muestras puntuales) y $46 \times 86,64 \approx 4.000$ €/año (muestras integradas),

con lo que el total de esta parte de la actividad se puede cifrar en: 13.200 €/año.

En cuanto al cálculo de la inversión en actividades analíticas en laboratorio, se habla de un total de 2.074 análisis de todas las tipologías realizados al año, cuyo montante económico ascendería a: $2.074 \times 172,04 \approx 357.000$ €/año, sin duda la partida de mayor cuantía de las consideradas.

En resumen, los costes de las actividades de inspección podrían alcanzar los 457.200 €/año, que haciendo una estimación para 2014 supondrían un total de 500.600 €/año. A esto habría que sumarle el coste laboral del responsable de gestionar el servicio, que podría valorarse en otros 100.000 €/año, con lo que estarían en el entorno de los 600.000 €/año.

Si bien no es un concepto exclusivo de la inspección y control de vertidos, el canon de control de vertidos repercute sobre el gestor del saneamiento. Lógicamente, el incumplimiento de las autorizaciones de vertido a cauce puede, en parte, repercutirse sobre la actividad: esto sería asumible para los vertidos industriales de relativamente fácil control (siempre en función de medios técnicos y humanos disponibles); en el caso de la contaminación doméstica y difusa, poco o nada puede hacerse al respecto. Además, por otro lado, muchos in-

cumplimientos de depuración radican en una deficiente explotación de las EDAR, sobre la que el control de vertidos no interviene en absoluto.

No obstante, y al objeto de simplificar la situación, puede hacerse el ejercicio de cargar como costes económicos del servicio de inspección los derivados del abono del canon de control de vertidos aplicable a cada EDAR.

Con nuevos datos recogidos en otro muestreo llevado a cabo al efecto por parte del Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos y Laboratorio de la AEAS, entre varias EDAR españolas de diferente tamaño, comprendido este entre capacidades de tratamiento desde 70.000 m³/año a más de 100.000.000 m³/año, en algún caso, se ha concluido que la relación entre tamaño de EDAR y canon real aplicable podría ajustarse a una regresión matemática lineal de la forma:

Canon práctico (€/año) = caudal depurado (m³/año) \times 0,0119 - 2.588,4

Si se supone una gran EDAR, con capacidad de depuración de unos 25.000.000 m³/año, a la que puede adscribirse el servicio de inspección cuyos datos se aportaron anteriormente, aplicando el ajuste matemático consiguiente su canon de control de vertidos resultaría ser de 300.000 €/año, aproximadamente.

Es decir, el coste global del servicio, computando el seguimiento e inspección real más el canon de control de vertidos, podría cifrarse en unos 900.000 €/año. Si a esto se suman gastos adicionales como mantenimiento de vehículos, equipos de muestreo, revisiones periódicas, muestras y controles de contraste, y otros sobrevenidos, se alcanzan los 950.000 €/año.



Evaluados los costes, y para cerrar el balance, ¿qué ingresos económicos reporta la actividad? En general, los ingresos derivados de la inspección y control de los vertidos al saneamiento pueden ser directos e indirectos:

- Directos:

- Regularización por inspección de tasas e impuestos (servicio de alcantarillado, depuración, pozos y fuentes propias de captación, tasas ambientales, de conexión al servicio de alcantarillado, etc.).

- Convenios para seguimiento de vertidos industriales entre el gestor y el vertedor.

- Expedientes sancionadores (reposición y daños).

- Indirectos (ahorro en costes de construcción, mantenimiento y explotación del saneamiento y de las EDAR):

- La reducción de la carga contaminante circulante por el saneamiento posibilitada por un eficiente control de vertidos, y lógicamente, de la carga que accede a las EDAR, permite un menor tamaño de la instalación a construir y/o una menor necesidad de ampliaciones futuras, así como una disminución de los costes de explotación (consumos eléctricos más bajos, menor volumen de fangos generados, menor tasa de averías de equipos y bombes, etc.).

- Reducción de las labores de limpieza y mantenimiento de la red de saneamiento y en las propias EDAR.

- Reducción de los importes a pagar en concepto de Canon de Control de Vertidos a los Organismos de Cuenca.

Con relación a las cantidades repercutidas a los industriales en concepto de autorizaciones de vertido

a saneamientos, tasas y sobrecostes por mayor carga contaminante, aprovechamiento de fuentes propias de agua, controles analíticos a industrias, y expedientes sancionadores, en un saneamiento de una ciudad media de unos 350.000 habitantes estas cantidades pueden alcanzar los 1.500.000 €/año. Si bien en la gestión completa de las autorizaciones de vertidos intervienen más servicios de la empresa gestora del saneamiento, un porcentaje mayoritario de esta cantidad (del orden del 80%) correspondería a lo que se denomina como ingresos directos de la inspección, lo cual podría valorarse, pues, en 1.200.000 €/año.

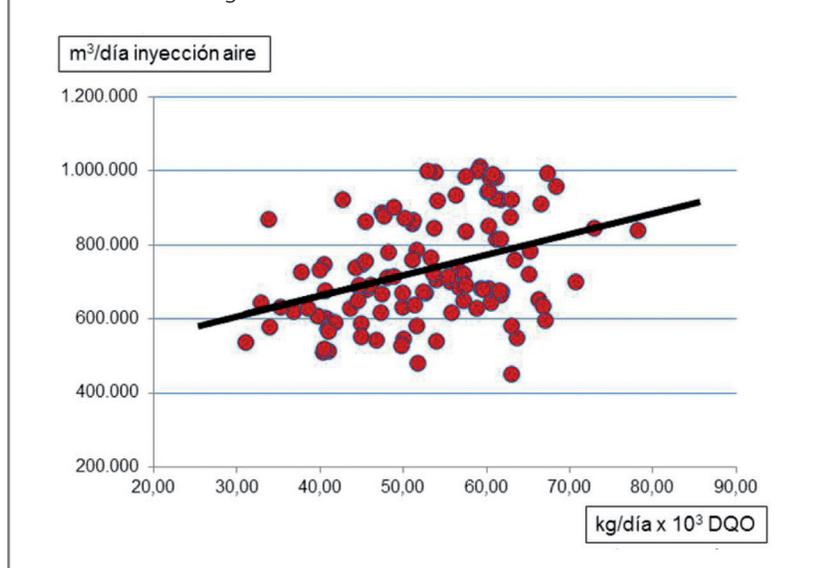
En referencia a los denominados ingresos indirectos, la primera componente ha de ser la relativa a la red de saneamiento. En este sentido, la positiva labor de un eficaz control de vertidos, en el sentido de limitar la emisión de vertidos de alta carga a las redes, puede sustentarse en un ejemplo concreto: en un saneamiento del sur del país, con una problemática concreta de periódicas emisiones de aceites y grasas alimentarias agotadas al saneamiento,

tanto por industriales como por contribuyentes domiciliarios, el gasto anual en limpieza de redes por acumulación de este tipo de residuos se ha valorado recientemente en unos 200.000 €/año. Si se supone que el control de vertidos podría reducir la factura a la mitad, el ahorro se cifraría entonces en unos 100.000 €/año. En el caso de las EDAR, la reducción de carga contaminante que llega a depuración implica la minimización de los costes de explotación en la misma. Un reciente estudio llevado a cabo en una EDAR municipal convencional operada por fangos activos, con del orden de 100.000 m³/día de capacidad de depuración, concluyó que el consumo de aire se podía correlacionar matemáticamente con la DQO en la forma (**Figura 3**):

$$\text{consumo de aire en m}^3/\text{día} = 5,6 \times 10^5 + 3,1x \text{ kg/día de DQO}$$

Es evidente que la reducción de carga contaminante (expresada como DQO) comportaría el paralelo descenso en el consumo de aire en la EDAR que, por otro lado, es el

Figura 3. Correlación entre el consumo de aire y la carga (DQO) en una EDAR biológica.



Cualquier comportamiento que implique la reducción de la contaminación que llega a un saneamiento, ya sea fabricando productos de uso cotidiano o industrial con productos químicos menos agresivos o mediante la implantación de rutinas de predepuración de efluentes en los centros productivos, facilitará la explotación y maximizará el rendimiento de las EDAR, abaratando costes y consiguiendo una mayor sostenibilidad ambiental

componente económicamente mayoritario ($\approx 70\%$) de la explotación de la depuradora.

Aplicando al ejemplo de la EDAR desarrollada, el coste anual en energía eléctrica ascendía a 1.100.000 €, siendo el coste asignado a aireación de 770.000 €/año para el aporte de aire correspondiente a una carga contaminante media de 50.000 kg/día de DQO. Suponiendo una reducción razonable por control de vertidos de un 20% en la DQO, lo que resultaría en una reducción de carga influente a la EDAR hasta los 40.000 kg/día, el consumo de aire se reduciría en 31.000 m³/día. Extrapolando este dato al coste económico de energía eléctrica empleada para aireación, se tendría: reducción del coste en €/año = $770.000 \times (31.000 / 715.000) \approx 33.000$ €/año, es decir, un 4%.

Relacionado con el párrafo anterior, también la carga contaminante tiene su traslado, obviamente, a la producción de fangos de depuración: reducción de carga nuevamente implicará más baja tasa de producción de fangos y asimismo menor inversión en su manipulación y gestión.

Como complemento a lo dicho, y si bien la gestión de fangos depende de su transporte y posterior proceso de valorización, los datos disponibles para un saneamiento que produce del orden de 50.000 toneladas de fango seco al año los cuales se destinan a compostaje y aprovecha-

miento agrícola, se cifran en unos 1.600.000 €/año.

Si se plantea una reducción en la producción de fangos en la EDAR de sólo un 10% por reducción de carga derivada de seguimiento de vertidos industriales (carga biodegradable, evidentemente) estaremos hablando de un ahorro de 160.000 €/año en la factura correspondiente.

Pero, ¿qué ocurre cuando el fango seco de la EDAR presenta problemas de presencia de metales pesados por encima de los valores limitados en la normativa (RD 1310/1990 y Orden AAA 1072/2013), con lo cual su gestión para aprovechamiento agrícola y compostaje no es posible, y solo cabe su gestión como residuo peligroso?

Como ejemplo se puede tomar la referencia del saneamiento de Valencia, en que los históricos problemas de aparición de metales en fangos, resueltos a partir de 2006 por una eficaz política de control de vertidos que daba lugar a la exigencia a los industriales afectados de la predepuración de efluentes antes de su ingreso en el saneamiento general, han supuesto para el gestor un ahorro medio en los últimos años de más de 2.000.000 €/año.

Finalmente, el incumplimiento del condicionado técnico establecido en las autorizaciones de vertidos acarrea inexcusablemente el expediente sancionador instruido por el Organismo de Cuenca y la consiguiente valoración económica del

incumplimiento. Siendo difícil valorar esta cuestión concreta a priori, pues depende de cada evento que pueda producirse, volumen vertido, carga contaminante, peligrosidad, etc., sí es cierto que estos costes económicos pueden estar cubiertos para el gestor del saneamiento en cierta medida por las Ordenanzas y Reglamentos, al trasladar muchas de ellas estos importes económicos al infractor caso de poder determinarse fehacientemente el mismo (lo que no siempre ocurre).

No obstante, valoraciones de sobrecarga contaminante por estos episodios que superen los 10.000 € por evento no son demasiado infrecuentes. Con un control de vertidos exhaustivo, si bien no se evitan estos episodios, sí al menos pueden minimizarse y establecerse la trazabilidad exigible para pedir responsabilidades al infractor.

Resumiendo toda la variedad de datos aportados, el beneficio económico neto de un servicio de control de vertidos supera ampliamente a los costes y estimaciones reales sobre el balance económico en la actividad. Se concluye, pues, que los beneficios económicos reales del control e inspección suelen duplicar, al menos, la inversión en la implantación y mantenimiento del servicio.

Y antes de terminar, una cuestión importante: la eficacia de un servicio de inspección vendrá dada por la inversión en medios técnicos y humanos que se haga en aquel.



Con pocos medios no se puede pretender alcanzar resultados espectaculares: cuanto más exigente se sea en las inspecciones y muestreos a vertedores, mejores resultados se obtendrán. En este sentido, la potenciación de los controles *on line* en redes de saneamiento e industrias en tiempo real debe potenciarse al máximo.

Como idea general: control de contaminación en origen, control de vertidos, concienciación ciudadana y optimización de las EDAR (en la práctica, derivar medios económicos hacia las mismas) deben ir de la mano a fin de conseguir una sostenibilidad ambiental de las ciudades, que a veces, brilla por su ausencia.

4. Conclusiones

Las aguas residuales urbanas o municipales, integradas por componentes industriales, domésticos y de contaminación difusa, cada vez contienen más elementos y sustancias refractarias a la depuración convencional. Así, varios compuestos orgánicos y metales pesados presentan rendimientos de eliminación que no garantizan aguas depuradas ambientalmente limpias (por ejemplo, hexaclorociclohexano, simazina, nonilfenoles...).

De las contribuciones mayoritarias, los vertidos industriales son los únicos sujetos a control y verificación periódica, puesto que existen normativas y reglamentos aplicables al efecto. Para la contaminación difusa y, sobre todo, para las aguas residuales de procedencia domiciliaria la cuestión es más compleja.

En unos casos y otros, rebajar la carga contaminante que llega al saneamiento es una filosofía muy positiva: una reducción de solo un 20% en la DQO que accede a una EDAR biológica puede suponer un ahorro de al menos un 4% en la factura eléctrica. Aún más, una reducción

del 10% en la producción de fangos de depuración, conseguida por reducción de carga influente, provocaría otro paralelo en la factura de la gestión de fangos.

Así mismo, la reducción de contaminación en origen puede abordarse desde la fabricación de productos de uso cotidiano tanto doméstico como industrial, sustituyendo compuestos químicos más agresivos frente al entorno (y más refractarios a la depuración en las EDAR municipales) por otros más sostenibles ambientalmente. Aquí, el ciudadano, escogiendo unas formulaciones comerciales más limpias ambientalmente que otras en función de su concienciación ambiental, será un actor relevante para conseguir un entorno más sostenible en el tiempo.

Una segunda vía sería la de favorecer la implantación de rutinas de predepuración de efluentes en los propios centros de fabricación de productos, bienes y servicios. Signifíquese aquí que tal práctica no tiene por qué ser gravosa para el industrial, sino al contrario.

Finalmente, cualquier comportamiento que implique la reducción de contaminación que llega a un saneamiento, en las dos vertientes citadas, facilitará la explotación y maximizará el rendimiento de las EDAR, abaratando costes (lo que no tiene que ser prioritario, pero sí importante) y consiguiendo una mayor sostenibilidad ambiental, lo que debe enfocar los esfuerzos en el campo de la depuración de aguas y el saneamiento a corto plazo.

5. Agradecimientos

A todos los miembros del Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos y Laboratorio de la Comisión V de la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS).

Bibliografía

- [1] Marín Galvín, R. (1995). Análisis de aguas y ensayos de tratamiento: principios y aplicaciones. Ed. GPESA, Barcelona.
- [2] AEAS (1997). Aguas residuales industriales. Origen, caracterización y efectos sobre las instalaciones públicas de saneamiento y depuración.
- [3] Nemerow, N.L.; Dasgupta, A. (1998). Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- [4] Metcalf & Eddy (2003). Wastewater engineering. Treatment and reuse. McGraw Hill, New York, 4ª edición.
- [5] Novotny, V. (2003). Water quality. Diffusion Pollution and watershed management. Ed. J. Wiley and Sons, Inc., New York, 2ª edición.
- [6] Marín Galvín, R.; Mantecón Pascual, R.; Díaz de Durana Uriarte, B (2006). Ordenanzas de vertidos como herramienta para lograr un más eficaz control de vertidos a las redes de saneamiento público. Tecnología del Agua, núm. 277, págs. 84-93.
- [7] AEAS (2007). Guía Práctica de actuación en materia de Inspección de vertidos a redes de saneamiento. Grupo de Trabajo de Inspección de Vertidos-Comisión V.
- [8] RD 508/2007 de 20 de abril, BOE 96 de 21-4-2.007, Reglamento E-PRTR sobre registro de emisiones al medio.
- [9] Marín Galvín, R.; Ripollés Pascual, F.; Santateresa Forcada, E.; Lahora Cano, A.; González Canal, I.; Mantecón Pascual, R.; Rodríguez Amaro, R. (2009). Contaminación convencional, sustancias prioritarias y contaminantes emergentes en saneamientos públicos españoles. Tecnología del Agua, núm. 313, págs. 40-54.
- [10] Marín Galvín, R. (2010). Situación actual de la carga contaminante de las aguas residuales urbanas españolas: el caso de Córdoba frente al resto del país. TecnoAmbiente, págs. 5-11.
- [11] Marín Galvín, R.; Mantecón Pascual, R.; González Canal, I.; Ripollés Pascual, F.; Santateresa Forcada, E.; Navarro Navarro, J. (2010). Impactos de la contaminación de origen doméstico y no industrial sobre los SISP. Infoenviro, núm. 58, págs. 103-110.
- [12] Escribano Romero, F. (2011). El control de vertidos como herramienta de optimización de costes y gestión del saneamiento público. Actas de las XXXI Jornadas Técnicas de AEAS, Cartagena, Murcia.
- [13] RD 60/2011 de 21 de enero, BOE 19 de 22-1-2.011, sobre Normas de Calidad Ambiental.
- [14] Mantecón Pascual, R. (2012). Manual técnico de inspección. Referencias citadas allí.
- [15] Marín Galvín, R. (2012). Inspección y control de vertidos a sistemas públicos de saneamiento: situación actual, costes, normas de calidad ambiental y riesgos asociados. Tecnología del Agua, núm. 342, págs. 88-97. Referencias citadas allí.
- [16] Marín Galvín, R. (2012). Procesos físicoquímicos en depuración de aguas. Ed. Díaz de Santos, Madrid.
- [17] Aqua España y AEAS. Jornada técnica: Nuevas tecnologías y avances en el control e instrumentación de la calidad en aguas residuales y regeneradas. Ponencias, Barcelona.
- [18] RD 1310/1990 y Orden AAA 1072/2013 sobre utilización de lodos de depuración de aguas en el sector agrario.
- [19] Marín Galvín, R. (2014). Control de calidad en las aguas residuales y regeneradas: parámetros a controlar en función de las normativas aplicables y nuevas tendencias. Tecnoaqua, núm. 5, págs. 50-63.

TECNOAQUA

www.tecnoaqua.es

Órgano de difusión de:



Control de la contaminación en origen

Uso de nitrato cálcico para minimizar la producción de H₂S

Sistemas de saneamiento por vacío

Medidas preventivas para el control del mejillón cebra

Variables de control mediante simulación en EDAR

Diseño de tanques de tormentas



Regeneración de aguas residuales mediante infiltración-percolación

Las *smart water* y los contadores de agua

ISO 14046: la huella del agua

Entrevista a Juan A. de Miguel, gerente de Aguas de Burgos



Más que agua

OFERTA INTEGRAL DE SERVICIOS PARA EL CICLO URBANO DEL AGUA

- Eficiencia en redes de agua
- Ingeniería hidráulica
- Eficiencia energética
- Calidad de aguas y bioseguridad
- Gestión de plantas de depuración
- Drenaje y alcantarillado

www.aqualogy.net

desarrollo sostenible



SOLUCIONES INTEGRADAS DEL AGUA PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE