Caracterización analítica de las aguas pluviales y gestión de las aguas de tormenta en los sistemas de saneamiento

Anna Llopart-Mascaró [1,*], Alicia Gil[1], Montse Martínez[1], Jerónimo Puertas[2], Joaquín Suárez[2], Héctor del Río[2] y Miquel Paraira[3]

[1]*Clavegueram de Barcelona, S.A. (CLABSA), Acer 16, 08032, Barcelona, Spain*

[2] *Grupo de Enxeñaría da Auga e do Medio Ambiente (GEAMA), Universidade da Coruña (UdC), Campus de Elviña, s/n 15071 A Coruña, Spain*

[3] *Laboratorio de Aguas de Barcelona (*AGBAR), General Batet, 5-7 08028 Barcelona, Spain

***Autor de correspondencia**: annall@clabsa.es

SUMARIO

Conocer la calidad del agua de lluvia en un entorno urbano puede proporcionar, a las autoridades competentes y a los gestores del agua urbana (en su sentido más amplio, drenaje urbano, depuración y abastecimiento), herramientas muy válidas para la gestión integral del agua de lluvia en una ciudad. En el marco del proyecto CENIT Sostaqua liderado por Agbar, y más concretamente en la "Actividad 3- Valorización del agua de lluvia", se identifican los beneficios potenciales de una gestión sostenible del agua de lluvia en un entorno urbano.

En este contexto, se presentan algunos resultados de caracterización analítica del agua de lluvia en los distintos puntos de su recorrido urbano, previamente a su llegada a EDAR o a medio receptor. En función de la calidad del agua que se obtiene como resultado, se proponen estrategias descentralizadas de gestión sostenible del agua de lluvia en entornos urbanos. Estas estrategias, localizadas en la red de drenaje (en origen o final de línea), están focalizadas tanto a la recuperación del agua de lluvia, como a la minimización de vertidos contaminados en tiempo de lluvia a medio receptor.

PALABRAS CLAVE

Agua de lluvia, aprovechamiento del agua, escorrentía superficial, minimización vertidos, técnicas de tratamiento descentralizadas, TEDUS

1. INTRODUCCIÓN

En un ámbito urbano, la gestión sostenible del agua de lluvia puede plantearse tanto desde un punto de vista de minimización de los vertidos a medios receptores en tiempo de lluvia, como desde un punto de vista de recurso para diferentes usos donde la calidad de agua potable no es necesaria.

Por un lado, los periodos de escasez de agua, el incremento de la conciencia medioambiental y la introducción de una visión de sostenibilidad en la gestión de este preciado recurso, ha propiciado la búsqueda de recursos hídricos alternativos al agua potable que permitan satisfacer los diferentes usos del agua de nuestra sociedad. En este contexto, el aprovechamiento del agua de lluvia se tiene cada vez más en cuenta, sobretodo en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Japón, Reino Unido o Francia.

Cabe destacar que no existe un marco normativo, ni a nivel de la Unión Europea, ni a nivel de sus estados miembros, que específicamente defina estándares de calidad concretos para el aprovechamiento del agua de lluvia. Sí que existe alguna aproximación en países como Francia o Reino Unido, donde se proponen estándares de calidad, aunque no dejan de ser unas guías focalizadas al uso doméstico del agua. A nivel español se puede tomar como normativa de referencia el RD 1620/2007, de reutilización de aguas depuradas. Aunque esta normativa no ha sido específicamente concebida para el aprovechamiento del agua de lluvia, ni se considera del todo adecuada para este fin, es el único texto legal que actualmente incorpora requerimientos de calidad del agua según los usos.

Por otro lado, en relación con la minimización de los vertidos, hasta hace relativamente poco tiempo, el esfuerzo para asegurar la calidad de los medios receptores se centraba únicamente en la depuración de las aguas residuales. Con los años, numerosos estudios y experiencias han ido demostrando que cualquier suceso pluviométrico no demasiado importante, en intensidad y volumen, ya puede producir un vertido o una descarga del sistema de alcantarillado a medio receptor (Malgrat, P., 1995). De hecho, gran parte del problema de que la calidad de las masas de agua no sea satisfactoria, es originado por los vertidos intermitentes que se producen durante y después de las lluvias desde los alcantarillados unitarios de los núcleos urbanos (Butler, D. y Davies, J.W., 2000). Estas descargas pueden llegar a suponer un 50% del total de contaminación vertida a medio receptor (Malgrat, P. et al. 2004) y son especialmente críticas cuando se trata de un vertido de sistemas unitarios de alcantarillado, donde el agua pluvial circula por la misma red que el agua residual, son las llamadas Descargas del Sistema Unitario (DSU) al medio receptor.

Dentro del marco legal europeo, la aparición de la Directiva Marco del Agua (DMA 2000/60/EC) ha favorecido una mayor protección ambiental de los medios receptores acuáticos, así como de sistemas coordinados de gestión de todos los sistemas hídricos, especialmente importante en entornos urbanos. Además, la Directiva Europea de Aguas de Baño (Directiva 2006/7/CE) pone énfasis en la gestión activa del control de la contaminación y endurece los estándares de calidad en las zonas de baño. También, la Directiva Europea de Tratamiento del Agua Residual Urbana (Directiva 91/271/EEC), establece como objetivo la reducción de los niveles de polución causados por el agua residual y pluvial a medios receptores en entornos urbanos. Esta directiva acepta que no es posible evitar la totalidad de los vertidos procedentes de la escorrentía superficial urbana en tiempo de lluvia, aun así, establece la necesidad de la implementación de prácticas de gestión focalizadas en la reducción del impacto de estos vertidos.

Dentro del marco del "Proyecto CENIT Sostaqua - Desarrollos tecnológicos hacia el ciclo urbano del agua autosostenible (2007-2010)", liderado por AGBAR y financiado por el CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial), se está llevando a cabo un estudio de "Valorización de las aguas pluviales" (línea 3), liderado por CLABSA y en el que también participan GEAMA-UdC, Laboratorio AGBAR y EMUASA. La tarea principal del estudio es identificar los beneficios potenciales de una gestión sostenible del agua de lluvia en un entorno urbano. Para ello, se realizan amplias campañas de caracterización del agua de lluvia (primeros resultados presentados en Novatech, Llopart-M. *et. al* 2010) y se evalúan las distintas metodologías y requerimientos para su recolección, almacenamiento y tratamiento. Todo ello acompañado de pilotos en los que se evalúa la efectividad de distintas técnicas de tratamiento, mejores prácticas para la minimización de la contaminación o nuevos métodos de diseño y operación de los sistemas de saneamiento que transportan aguas pluviales.

En esta comunicación se presentan los resultados analíticos de algunos de los parámetros analizados en la caracterización de las aguas pluviales en distintos puntos de su recorrido urbano. Asimismo, se introducen estrategias de gestión sostenible del agua de lluvia en entornos urbanos, tanto para un aprovechamiento del agua de lluvia como recurso alternativo, como para la reducción de la contaminación del agua de escorrentía urbana previamente a su incorporación a las masas de agua receptoras.

2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA EN ENTORNOS URBANOS

Se caracteriza el agua pluvial en las ciudades de Barcelona, Santiago de Compostela y A Coruña. Para ello se identifican distintos puntos de control distribuidos en todo el recorrido urbano del agua de lluvia (figura 1), desde su precipitación o primer contacto con la superficie (lluvia urbana); su paso por los tejados (escorrentía de tejado); su paso por la superficie de la ciudad (escorrentía superficial urbana); en caso de haberlos, su entrada en sistemas de TEDUS (Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible); su entrada en colectores (alcantarillado pluvial y alcantarillado unitario) e instalaciones asociadas (tanques de tormenta).

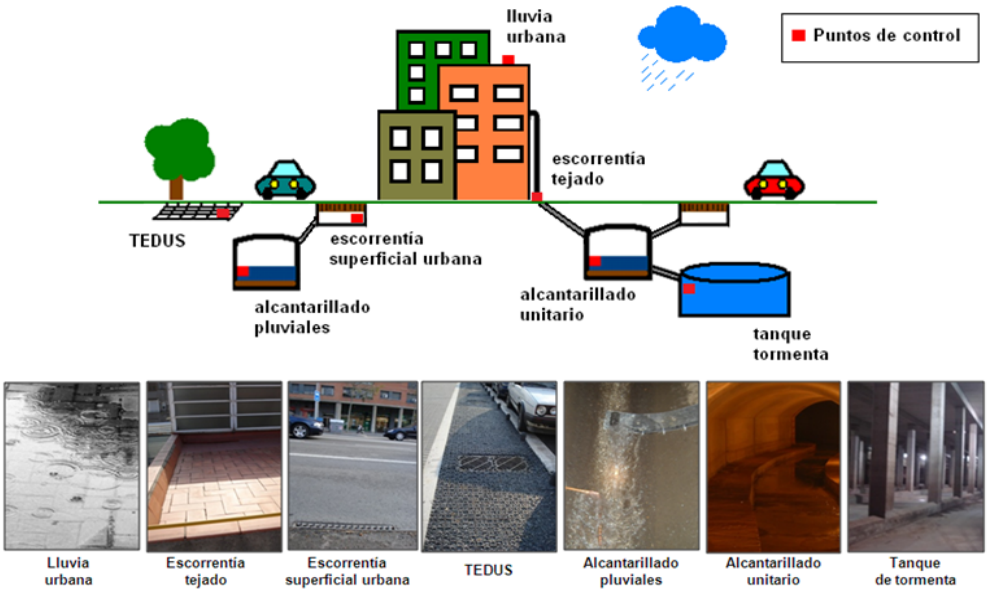

Figura 1. Puntos de control analizados en el recorrido urbano del agua de lluvia

El estudio comprende un total de 17 puntos de control representativos de zonas urbanas (tabla 1) y unos 60 episodios de lluvia, en los que se analizan más de 100 parámetros (microbiológicos, indicadores de sólidos, nutrientes, indicadores de salinidad, materia orgánica, metales, disolventes clorados, BTEX, HAPs, fármacos, pesticidas y otros parámetros).

Punto de control	Número puntos analizados	Localización	Descripción
Lluvia urbana	5	Barcelona	Centro ciudad (urbanización densa), áreas mixtas (industrial, residencial, verde) y áreas verdes
Escorrentía tejado	2	Barcelona	Centro ciudad (urbanización densa) y área mixta (industrial, residencial, verde)
Escorrentía superficial urbana	3	Barcelona	Centro ciudad (urbanización densa)
TEDUS (Zanja de Infiltración)	1	Barcelona	Zona residencial (urbanización media)
Alcantarillado pluvial	1	A Coruña	Zona residencial (urbanización media)
Alcantarillado unitario	2	Barcelona y Santiago de Compostela	Centro ciudad (urbanización densa)
Tanque de tormenta (en red unitaria)	3	Barcelona	Cabecera de cuenca, centro ciudad y final de cuenca. Todos en urbanización densa

Tabla 1. Puntos de control: localización y descripción

En función del tipo de punto de control, la metodología de muestreo varía entre dispositivos de recogida de muestras acumulativos y equipos automáticos de toma de muestras. Los puntos de control además, se han dotado de la instrumentación telesupervisada necesaria para el análisis de los episodios de lluvia. Todos los puntos disponen de un pluviómetro cercano para evaluar la lluvia (hietogramas) e identificar aquellos episodios de intensidad y volumen mínimos necesarios para que se genere escorrentía, los cuales pueden variar en función del punto de control. Además, también se dispone de medidores de caudal o nivel en los puntos de TEDUS, alcantarillado (pluviales y unitario) y en tanque de tormenta, tanto para la activación de la recogida de muestras a través de tomamuestras automático, como para la evaluación del comportamiento del polutograma (evolución de la contaminación durante un episodio de lluvia) respecto el hidrograma.

En la tabla 2 se presenta una relación de algunos de los parámetros más significativos analizados durante las campañas de muestreo, así como los métodos analíticos empleados para su determinación analítica y los límites de detección del método. En esta comunicación se presentan los resultados de la ciudad de Barcelona (figuras 2 a 5).

Parámetro	Método analítico	Límite de detección
Escherichia coli (NMP/100ml)	Colilert®	-
Enterococos intestinales (UFC/100ml)	Recuento en placa y confirmación	-
Sólidos en suspensión (mg/l)	Gravimetría	2
Sólidos Totales (mg/l)	Electrometría	2
Turbidez (NTU)	Nefelometría	0.2
Nitrógeno total (mg/l)	Kjeldahl (destilación - titración)	2
Fósforo total (mg/l)	Digestión - Espectrofotometría VIS	0.1
TOC (mg/l)	Combustión catalítica	2
DQO (mg/l)	Titrimetría	30

Tabla 2: Métodos analíticos y límites de detección

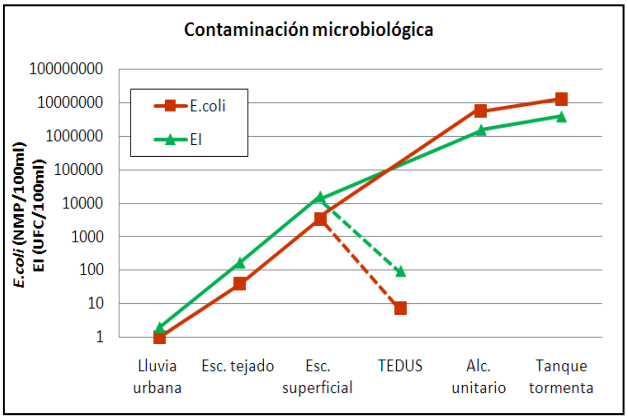

Figura 2. *Escherichia coli* (*E.coli*) y enterococos intestinales (EI) (medianas puntos de control Barcelona)

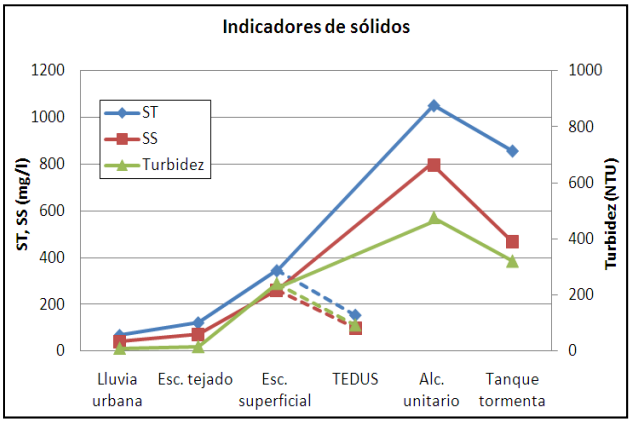

Figura 3. Sólidos totales (ST), sólidos en suspensión (SS) y turbidez (medianas puntos de control Barcelona)

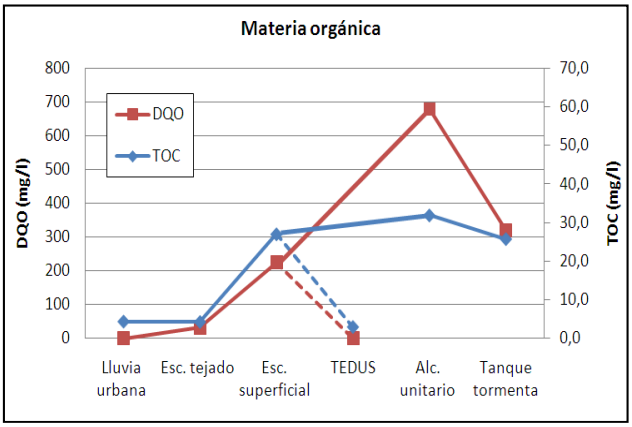

Figura 4. DQO y COT (medianas puntos de control Barcelona)

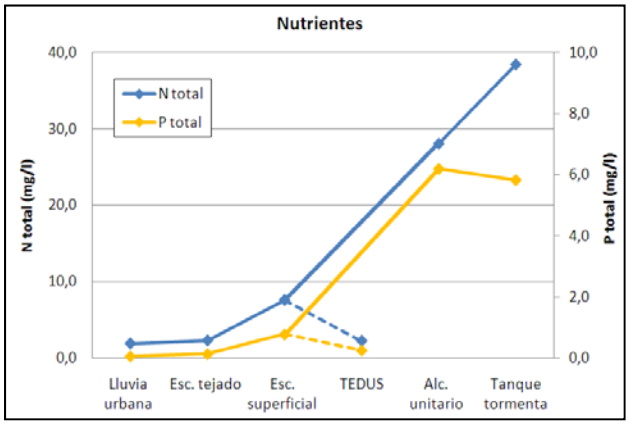

Figura 5. Nitrógeno total (N total)y fósforo total (P total) (medianas puntos de control Barcelona)

En cuanto a contaminación microbiológica, las concentraciones de *E.coli* y enterococos intestinales aumentan a escala logarítmica varias órdenes de magnitud al avanzar en el recorrido urbano del agua de lluvia (figura 2).

La determinación de la concentración de sólidos en sí, especialmente la de los sólidos en suspensión, ya es un buen indicador de la presencia de contaminación general en el agua de lluvia. Esto es así porque la mayoría de contaminantes se encuentran asociados a los sedimentos, y más concretamente a las partículas más finas (Sartor y Boyd, 1972). De hecho, la movilización de sedimentos, puede asociarse con la del resto de contaminantes mediante unos factores de proporcionalidad con las fracciones de los sólidos en suspensión (Puertas *et al.* 2008). Igual que ocurre con prácticamente todos los parámetros analizados, los sólidos aumentan su concentración a medida que se avanza en el recorrido urbano del agua de lluvia, aunque cabe remarcar la ya significativa presencia de sólidos en la escorrentía superficial urbana (figura 3).

Tanto la materia orgánica (DQO y TOC) como los nutrientes (nitrógeno total y fósforo total), son buenos indicadores de la presencia de aguas residuales urbanas e industriales. Éstos, en los primeros estadios del recorrido urbano,

prácticamente no son detectados (figuras 4 y 5). En la escorrentía superficial urbana ya se registra un aumento de materia orgánica. En el caso de los nutrientes, no es hasta el contacto con el agua residual, cuando los valores detectados aumentan considerablemente.

El uso de técnicas de minimización de la contaminación, como el sistema de TEDUS analizado, influye claramente en la disminución de la contaminación presente en la escorrentía superficial urbana. El sistema de TEDUS analizado es del tipo "Zanja de Infiltración", concebido para la retención de sólidos, metales pesados y nutrientes. Tal como se puede observar en los gráficos (figuras 2 a 5), todos los contaminantes presentes en el agua de escorrentía filtrada por el sistema de TEDUS, presentan concentraciones claramente inferiores a las del agua de escorrentía superficial urbana. En general se calcula un grado de descontaminación superior al 70%.

En función de la carga contaminante detectada en cada uno de los puntos de control identificados, éstos se pueden clasificar en tres categorías (tabla 3):

- Carga contaminante baja: lluvia urbana, escorrentía de tejados y TEDUS
- Carga contaminante media: escorrentía superficial y alcantarillado pluviales
- Carga contaminante elevada: alcantarillado unitario y tanque de tormenta en red unitaria

Categoría	Punto de control	Contaminantes principales detectados	Fuentes principales de aporte de contaminación
Carga contaminante baja	Lluvia urbana	No significativos	Contaminación atmosférica: combustiones incompletas originadas por el tráfico rodado, sistemas de calefacción, actividad industrial, etc.
	Escorrentía tejado	Sólidos	Lavado de la superficie de tejado: arrastre de sedimentos depositados en la superficie de tejado durante el tiempo seco precedente y corrosión de los materiales del propio tejado
	TEDUS (Zanja de Infiltración)	Sólidos y microbiológicos	Agua de escorrentía superficial urbana filtrada por el sistema de TEDUS
Carga contaminante media	Escorrentía superficial urbana	Sólidos, metales, materia orgánica y microbiológicos	Lavado de la superficie urbana: contaminación asociada a la intensidad del tráfico rodado, deposiciones de animales, erosión del pavimento, parques y áreas verdes, sedimentos procedentes de obras, etc.
	Alcantarillado pluvial		
Carga contaminante elevada	Alcantarillado unitario	Sólidos, metales, materia orgánica, microbiológicos y nutrientes	Lavado de la superficie urbana, resuspensión de sedimentos depositados en la red, biopelículas existentes en la red y agua residual
	Tanque de tormenta (en red unitaria)		

Tabla 3: Categorías de los puntos de control en función de la carga contaminante detectada

A medida que el agua de lluvia avanza en su recorrido urbano, el volumen a captar es mayor, aunque tal como se puede observar en los gráficos, también es mayor su carga contaminante, ya que cada vez aumentan más el número de fuentes de aporte de contaminación (tabla 3).

3. ESTRATEGIAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA DE LLUVIA

En función de la calidad del agua que se obtiene como resultado en cada punto de control, así como de la necesidad o problemática en cada caso concreto, las estrategias de gestión sostenible del agua de lluvia pueden ir focalizadas a distintas finalidades.

Por ejemplo, en caso de aguas con cargas contaminantes bajas, el planteamiento de una recuperación del agua de lluvia para algunos usos como el riego de jardines, puede ser factible sin necesidad de aplicar técnicas de tratamiento muy complejas. En cambio, en los puntos de rebose de alcantarillados unitarios la problemática del agua de lluvia se centra en los vertidos a medio receptor, por lo que las estrategias a fijar pueden ir encaminadas a minimizar estos vertidos o bien su carga contaminante.

Existen multitud de técnicas descentralizadas que pueden ser de utilidad tanto desde un punto de vista de recuperación y aprovechamiento como de minimización de vertidos en tiempo de lluvia (algunos ejemplos en figura 6). En ambos casos, estas técnicas, tanto si se ubican en origen como a final de línea, pueden suponer una optimización de la gestión de los sistemas de saneamiento y EDAR.

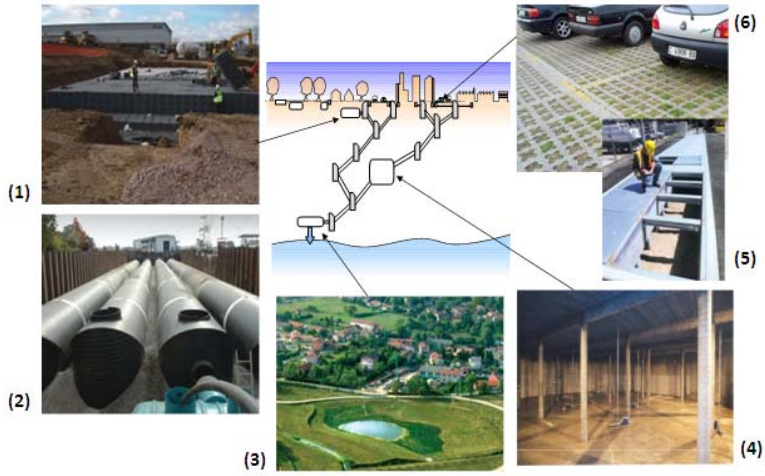

Figura 6. Ejemplo de técnicas descentralizadas para la gestión sostenible del agua de lluvia en distintos puntos de su recorrido urbano (1) Celdas de drenaje para infiltración en terreno (2) Sistema de recuperación del agua de escorrentía superficial urbana (3) Estanque de retención del agua de escorrentía superficial al aire libre (4) Tanque de tormenta enterrado (5) Filtro de arena (6) Pavimento modular de infiltración

3.1. Recuperación y aprovechamiento del agua de lluvia

Para llevar a cabo un proyecto de aprovechamiento del agua de lluvia, deben tenerse en cuenta unos criterios de calidad físico-química y sanitaria adecuados según el uso que se le vaya a dar al agua y por tanto, un nivel de tratamiento más o menos estricto. Como referencia de criterios de calidad en función de los distintos usos, pueden tenerse en consideración los valores máximos admisibles regulados por RD 1620/2007. Igualmente, habitualmente a nivel de administración local, se estipulan recomendaciones de calidad sobre algunos usos, que también pueden tomarse como referencia (por ejemplo, para el riego).

Existen en la actualidad numerosos usos que no requieren de una calidad tan rigurosa como la potable que podrían ser cubiertos por agua de lluvia. Algunos ejemplos: riego de parques, jardines y campos deportivos, limpieza viaria y de alcantarillado, limpieza de vehículos, abastecimiento de sistemas anti-incendio, aguas en algunos procesos industriales, recarga de acuíferos por percolación, mantenimiento de caudales ecológicos, recarga de cisternas para lavabos, etc.

Si lo que se pretende es desarrollar un proyecto viable desde el punto de vista económico, ambiental y social, parece lógico que los usos más viables serán aquellos que requieran unos niveles de calidad menos rigurosos y por tanto de tratamientos más blandos, para así minimizar los costes asociados.

En relación con los resultados de la calidad del agua, un aprovechamiento del agua de lluvia que no requiera de tratamientos muy complejos puede ser planteado en los primeros estadios del recorrido urbano del agua de lluvia, donde la carga contaminante detectada no es muy elevada.

Los sistemas de recolección en tejado o superficie urbana son los más comúnmente utilizados para el aprovechamiento del agua de lluvia, tanto a nivel de uso doméstico como de uso público. Para reducir la contaminación ligada a la escorrentía de tejado, se utilizan sistemas de derivación del primer lavado (fracción más contaminada del agua de lluvia). El descarte de las primeras aguas de escorrentía, junto con un buen mantenimiento del sistema de almacenamiento y captación (superficie de recogida y canalizacione), puede permitir un aprovechamiento directo del agua para abastecer distintos usos que requieran una calidad de agua no potable de baja carga contaminante.

El agua de escorrentía superficial en áreas urbanizadas en cambio, posee un grado de contaminación suficientemente elevado como para requerir la aplicación de técnicas de minimización o tratamiento de la contaminación más complejos. Técnicas como las TEDUS (*Sustainable Drainage Systems (SUDS)*, en bibliografía anglosajona), pueden ser puestas en práctica en entornos urbanos tanto para un control frente a los caudales punta, puesto que laminan el caudal, como para lograr una reducción de la polución asociada a la escorrentía superficial. Incluso en algunos casos, las TEDUS pueden llegar a permitir una valorización de las aguas pluviales en un entorno urbano.

Existen muchas clases de TEDUS, algunos ejemplos son los estanques de retención, humedales, zanjas o pavimentos de infiltración, biofiltros vegetales, zonas de bioretención o tejados verdes (CIRIA, 2007). Estas técnicas incorporan

diferentes clases de tratamiento “naturales” como son la sedimentación, filtración, biodegradación o absorción de partículas. En general, estas técnicas están asociadas a una gran extensión de terreno, pero aun así, existen algunas específicamente concebidas para su implantación en áreas densamente urbanizadas.

En caso de disponer un recurso asociado a cargas contaminantes elevadas o tener la necesidad de abastecer un uso muy restrictivo, existen distintas técnicas de tratamiento que pueden tenerse en cuenta. En este sentido, en el campo de las técnicas de tratamiento convencionales, existe un mercado de tecnologías que, aunque no específicamente desarrolladas para el tratamiento de agua de lluvia, podrían ser aplicadas en este entorno específico. Estas tecnologías incluyen básicamente procesos físico-químicos, ya que los biológicos serían generalmente descartados por las necesidades de tratamiento intermitente asociadas al agua de lluvia. Algunas tecnologías adaptables serían: el desbaste o separación de flotantes, la sedimentación (por gravedad, decantación lamelar, separación vórtex, coagulación/floculación, etc.), la filtración (en profundidad, en superficie, por ósmosis inversa, de membrana por microfiltración, ultrafiltración o nanofiltración) o la desinfección (por cloración, ultravioleta u ozonización).

En función de la carga contaminante del agua de lluvia recolectada y de los requerimientos de calidad final, variará la técnica a aplicar. A menudo, en caso de una contaminación importante, se requiere de la combinación de varias de estas técnicas para conseguir un agua de calidad suficiente como para ser aprovechada.

3.2. Minimización de vertidos en tiempo de lluvia

La concentración de la población en los núcleos urbanos y ciudades implica un incremento de la urbanización de suelos y, por tanto, de su impermeabilidad. La impermeabilización de las cuencas implica un aumento en los volúmenes y velocidades de los flujos de escorrentía. Las vías de evacuación naturales son sustituidas por las redes de alcantarillado y drenaje, que cada vez deben gestionar volúmenes y caudales máximos mayores. La escorrentía en un entorno urbano arrastra todo tipo de contaminación asociada a la actividad humana, que se disuelve, es arrastrada y, en última instancia, puede llegar a medio receptor.

Existen tres tipos de vertidos a medio receptor en tiempo de lluvia, los cuales se diferencian en los volúmenes vertidos, en las concentraciones de contaminantes (medias y máximas), y en las fases y períodos de descarga. Estos son:

- Aguas procedentes de escorrentía superficial, habitualmente a través de sistemas de drenaje separativos de pluviales, que tal como se ha visto en el apartado de caracterización ya presenta un grado de contaminación no despreciable.
- Aguas procedentes de los sistemas de saneamiento unitarios (mezcla de aguas procedentes de la escorrentía y aguas residuales urbanas).
- Alivios de las estaciones depuradoras cuando en tiempo de lluvia se superan los caudales punta asumibles por las plantas.

Cada vez son más las ciudades que están implantando soluciones para reducir estos vertidos a medio receptor. Implantar sistemas de recuperación y aprovechamiento del agua de lluvia ya conlleva una reducción del impacto de los vertidos, puesto que contribuye a aminorar los volúmenes que se introducen en las redes de saneamiento.

Los sistemas de TEDUS, ya introducidos también para un aprovechamiento, pueden significar una reducción del volumen de agua que debe gestionar el alcantarillado. Aquellas TEDUS que permiten una descontaminación y posterior infiltración del agua de lluvia al terreno, contribuyen a mitigar los volúmenes y velocidad de la escorrentía en áreas impermeables así como a un mantenimiento de los caudales ecológicos de las capas freáticas.

Una solución habitual en grandes ciudades es la construcción de tanques de tormenta anticontaminación o anti-DSU. Estos tanques están habitualmente diseñados para recolectar las primeras avenidas de agua contaminada procedente de las redes de alcantarillado en tiempo de lluvia, almacenar un volumen determinado y luego liberarlo de manera controlada y coordinada con la depuradora, minimizando así los vertidos a medio receptor, así como la llegada de los caudales punta a las estaciones depuradoras.

Del mismo modo que para un aprovechamiento del agua de lluvia, las técnicas de tratamiento convencionales mencionadas, asociadas a procesos físico-químicos, pueden ser de aplicación para una reducción de la carga contaminante vertida a medio receptor.

Distintas estrategias sencillas o buenas prácticas de control en origen, como la limpieza de calles o la recogida de basuras, pueden ser aplicadas para reducir la polución de la escorrentía urbana.

4. CONCLUSIONES

A medida que se avanza en el recorrido del ciclo urbano del agua de lluvia, el volumen de agua posible a captar es mayor, aunque también es mayor su carga contaminante. De modo que para una valorización o aprovechamiento del agua pluvial, cuanto más avanzado se encuentre el punto de captación dentro del ciclo, más necesarias son las técnicas de minimización o de tratamiento de esta contaminación.

En relación con una estrategia de recuperación del agua de lluvia, se podría concluir que el aprovechamiento en un entorno urbano es posible. Aun así, previamente debe estudiarse cada caso particular, evaluando la disponibilidad del recurso, analizando la contaminación del agua de origen y determinado finalmente los requerimientos de calidad del agua para el uso concreto a abastecer. De este modo, se podrá determinar la necesidad de la aplicación de mejores prácticas y técnicas de tratamiento del agua. Todo ello permitirá finalmente valorar la viabilidad del aprovechamiento en términos de beneficios ambientales y sociales frente a costes económicos, siempre garantizando la salud de las personas. Asimismo, permitirá valorar si el agua de lluvia es la mejor opción de recurso alternativo frente a otras opciones como la regeneración de agua residual, la desalinización o el aprovechamiento de agua freática.

La carga contaminante detectada, no solamente en las aguas que entran en contacto con aguas residuales, sino también en las aguas de escorrentía superficial, pone de manifiesto la necesidad de dotar con sistemas de control y tratamiento de descargas a las redes de saneamiento urbanas. De modo que, en muchos entornos urbanos, para conseguir los objetivos de calidad fijados para los medios acuáticos receptores, es preciso una adecuada gestión de los caudales y cargas de contaminación generados en tiempo de lluvia.

La aplicación de técnicas para minimizar el impacto de los vertidos en tiempo de lluvia, contribuye a disminuir la destrucción de ecosistemas acuáticos, a mantener la buena calidad de los espacios lúdicos limítrofes a los medios receptores, de gran importancia económica y social para las ciudades, así como al cumplimiento de normativas en relación con la protección de los medio acuáticos.

Además, en tiempo de lluvia, los procesos biológicos de depuración en las plantas de tratamiento pueden quedar fuertemente alterados por los caudales punta, provocando una bajada de rendimientos, que puede llegar a durar semanas, y acaba afectando finalmente a la calidad de las aguas en el medio receptor. En este sentido, la aplicación de técnicas descentralizadas, tanto para un aprovechamiento como para la minimización de vertidos a medio receptor, no solamente implican una disminución de los impactos de los vertidos a los medios acuáticos receptores, sino que además, implican una mitigación de las problemáticas que se generan en las estaciones depuradoras en tiempo de lluvia. Esta mitigación puede estar ligada tanto a la disminución del volumen de agua a gestionar, como a la reducción de la carga contaminante a tratar.

REFERENCIAS

Butler, D., Davies, J.W. (2000) Urban Drainage, E&FN SPON, London, 489 pp.

CIRIA (2007). The SUDS manual. Construction Industry Research & Information Association, C697, London.

European Commission (1991) Directive 91/271/EEC of the European Paliament and of the Council of 21 May 1991, concerning urban waste-water treatment. ECC, Brussels.

European Commission (2000) Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. CE, Brussels.

European Commission (2006) Directive 2006/7/CE of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC. CE, Brussels.

Llopart-Mascaró, A., Ruiz, R., Martínez, M., Malgrat, P., Rusiñol, M., Gil, A., Suárez, J., Puertas, J., Rio, H., Paraira, M. y Rubio, P. (2010) Analysis of rainwater quality: Towards Sustainable Rainwater Management in Urban Environments - Sostaqua Project. Novatech June 2010, Lyon.

Malgrat, P. (1995) Control de la contaminación producida en tiempo de lluvia por las Descargas de Sistemas Unitarios de Alcantarillado. Revista Obra Pública. Saneamiento II, 33.

Malgrat, P., Verdejo, J.M., Vilalta, A. (2004) Los depósitos de retención de aguas pluviales de Barcelona. Tecno Ambiente 144, 13-17.

Ministerio de la Presidencia (2007) Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. España.

Puertas, J., Suárez, J. y Anta, J. (2008) Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano. Monografias CEDEX. Centro de Publicaciones Secretaria General del Estado. M-98.

Sartor, J.D., Boyd, G.B. (1972) Water pollution aspects of street surface contaminants. Office of research and monitoring, U.S. EPA. NTIS. Washington D.C. EPA-R2-72-081.