

Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema del agua urbana: Desarrollo Urbano Sensible al Agua como enfoque estratégico

Integrated management of water resources in urban water system: Water Sensitive Urban Development as a strategic approach

Suárez, J.^{a1}, Puertas, J.^{a2}, Anta, J.^{a3}, Jácome, A.^{a4}, Álvarez-Campana J.M.^{a5}

^aETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, Universidade da Coruña, Campus de Elviña, s/n. E-mail: ^{a1} jsuarez@udc.es, ^{a2} jpuertas@udc.es, ^{a3} janta@udc.es, ^{a4} ajacome@udc.es, ^{a5} jalvarezcampana@udc.es

Recibido: 04/07/2014

Aceptado: 22/07/2014

Publicado: 02/08/2014

RESUMEN

El medio urbano no es ajeno a la gestión integrada del recurso hídrico, que incluye, necesariamente, el concepto de unidad de cuenca y de gobernanza. El tradicional concepto de ciclo del agua urbana, que incorpora de un modo muy lineal los servicios de abastecimiento y saneamiento, debe ser sustituido por una visión más integral y sistémica, donde el agua se vincula con el planeamiento y el desarrollo urbano y con las políticas de sostenibilidad. Se puede hablar de sistema de agua urbana. Esta globalidad de acción no es algo de lo que podamos sustraernos, ya que la legislación cada vez más orienta a las administraciones a considerar aspectos sistémicos y ambientales a la hora de gestionar, por ejemplo, los sistemas de saneamiento y drenaje. La plasmación práctica de todo este conglomerado de interacciones ya toma forma en algunos países, en los que se comienza a hablar de “*Low Impact Development*” (LID) o “*Water Sensitivity Urban Design*” (WSUD). Se propone integrar este nuevo enfoque estratégico bajo la denominación: Desarrollo Urbano Sensible al Agua (DUSA). Con el impulso del enfoque DUSA, los actuales sistemas de agua urbana (concebidos originalmente bajo el concepto tradicional de ciclo de agua urbana) pueden transformarse, conceptual y físicamente, para una gestión integrada del sistema del agua urbana en los nuevos modelos de desarrollo urbanos sostenible. Asimismo se presenta la aplicación del nuevo enfoque DUSA a la gestión de la contaminación asociada a las aguas pluviales en el sistema de agua urbana, incluyendo los avances en normativa e incorporación de técnicas en España.

Palabras clave | Gestión integral del agua; sistema de agua urbana; contaminación de aguas pluviales; DUSA; IRT; TDUS.

ABSTRACT

The urban environment has to be concerned with the integrated water resources management, which necessarily includes the concept of basin unity and governance. The traditional urban water cycle framework, which includes water supply, sewerage and wastewater treatment services, is being replaced by a holistic and systemic concept, where water is associated with urbanism and sustainability policies. This global point of view cannot be ignored as new regulations demand systemic and environmental approaches to the administrations, for instance, in the management of urban drainage and sewerage systems. The practical expression of this whole cluster interactions is beginning to take shape in several countries, with the definition of Low Impact Development and Water Sensitivity Urban Design concepts. Intends to integrate this new strategic approach under the name: “Water Sensitive Urban Development” (WSUD). With WSUD approach, the current urban water systems (originally conceived under the traditional concept of urban water cycle) can be transformed, conceptual and physically, for an integrated management of the urban water system in new models of sustainable urban development. A WSUD implementing new approach to the management of pollution associated with stormwater in the urban water system is also presented, including advances in environmental regulations and incorporation of several techniques in Spain.

Key words | Integral water management; urban water system; runoff pollution; WSUD.

INTRODUCCIÓN

La Unión Europea, a través del informe sobre desarrollo y gobernanza en el sector agua puso de manifiesto que, durante la “Década Internacional del Agua Potable” (1981-1990) establecida por las Naciones Unidas (1981-1990), las organizaciones internacionales prestaron especial atención al fomento del acceso al agua potable. Sin embargo, no se lograron los objetivos fijados a causa no sólo de la insuficiencia de inversiones sino también a que las intervenciones se centraron en la realización de infraestructuras, sin tener en cuenta suficientemente los aspectos de sostenibilidad y gestión, careciendo en general de una concepción global del problema. La experiencia y la reflexión han demostrado que, si bien era necesaria una aportación financiera adicional para alcanzar los objetivos de aquella década del agua potable, era igual de importante tomar en consideración cuestiones como la gobernanza y, en el marco del desarrollo sostenible, implantar una política de uso y gestión del agua que se ocupase de la protección del medio natural y de los aspectos socioeconómicos (CE, 2010).

Tras la “Conferencia Internacional de Dublín sobre el Agua y el Medio Ambiente”, que se celebró en enero de 1992, y durante la década siguiente, se proclamaron principios en favor de una gestión eficaz y sostenible de los recursos hídricos. Con ese fin se elaboró una estrategia denominada Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), un concepto mundialmente aceptado y vinculado con la idea de la buena gestión del agua, indivisible del concepto de unidad de cuenca, que se encuentra presente en la Directiva Marco del Agua. España ha sido un referente histórico en la consideración de la cuenca como unidad de gestión y, basándose entre otros en el modelo español, la Unión Europea ha promulgado la gestión integrada de los recursos a nivel de cuenca como pieza clave en su política del agua.

El diagnóstico actual de la gestión del agua urbana (World Bank, 2012) se puede presentar a partir de la revisión de tres aspectos. En primer lugar, la rápida urbanización del territorio, donde la creciente demanda de agua, unida a la poca ordenación de los usos de suelo y el incremento de la contaminación difusa, amenazan el abastecimiento de agua, aumentan el riesgo de inundaciones y afectan la calidad de vida de la población urbana. En segundo término, la vulnerabilidad ante el cambio climático, de modo que la gestión del agua debe contemplar el aumento de estrés hídrico producido por el aumento de temperatura, así como los cambios en los patrones de precipitaciones que pueden aumentar el riesgo por inundaciones (Willems *et al.* 2012). En tercer lugar, una gestión hídrica ineficaz, cuyos enfoques actuales son predominantemente locales y sectoriales, y carecen de la innovación y el alcance para hacer frente a los desafíos transversales. Además, los enfoques de cuenca, cuando existen, no están bien coordinados con las realidades urbanas.

Las crisis del agua que se viven son, en parte, crisis de gobernanza. La gobernanza trata sobre los procesos y mecanismos de interacción entre los actores gubernamentales y no gubernamentales; es un concepto dinámico que se refiere: a los procesos y a los sistemas a través de los cuales opera la sociedad, a la interrelación de las estructuras formales e informales, a los procedimientos y a los procesos (Hoekstra, 2006), a los sistemas de hacer las reglas, las redes de actores a todos los niveles de la sociedad (de lo local a lo global), dentro del contexto del desarrollo sostenible.

La escasez relativa que hay en algunas regiones, si bien puede ser resultado de factores geográficos, supera los problemas de disponibilidad natural; es más bien consecuencia de mala planificación, no solo hídrica, sino de otros sectores, como los territoriales, de concepciones erróneas sobre los recursos hídricos, usos indiscriminados y de apropiación del agua, reglas inadecuadas o fuera de los contextos socio-culturales, de la ausencia de coordinación entre políticas; todos ellos factores políticos y administrativos. El concepto de gobernanza del agua comprende cuatro dimensiones (Álvarez-Campana, 2012). La dimensión política y la dimensión social, que se refieren a la toma de decisiones y al acceso equitativo a los recursos, pero no puede obviarse que existe un contexto económico que influye en esa toma de decisiones y que debería contribuir a lograr la eficiencia, en donde se maximice el uso del recurso y que se recuperen adecuadamente los costes; y, por último, la dimensión ambiental, por cuanto se considera que el agua es un subsistema dentro del medio ambiente y, por lo tanto, se debe buscar el equilibrio hidrológico que tienda al uso sostenible del recurso.

Actualmente se entiende por estrategia GIRH (IWRM, en sus siglas en la bibliografía anglosajona), el proceso cuya finalidad es mejorar la eficacia del uso del agua (razón económica), fomentar la equidad del acceso al agua (razón social) y garantizar la sostenibilidad (razón ambiental). El término “integrada” destaca la necesidad de un enfoque global (holístico), con el fin de agrupar varios sectores, como la salud, la agricultura o la industria (integración horizontal), y varios niveles, como el regional, el nacional, el

municipal, el doméstico, etc. (integración vertical). Puede afirmarse que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos es el enfoque empleado para aplicar la gobernanza en lo que respecta a la conservación y la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Gobernanza del agua se refiere, en definitiva, a la interacción de los sistemas políticos, sociales, económicos (Rogers y Hall, 2003) y administrativos que entran en juego para regular el desarrollo y gestión de los recursos hídricos y la provisión de servicios de agua a diferentes niveles de la sociedad, sin olvidarse de la protección de las masas de agua. Desde el “II Foro Mundial del Agua en La Haya”, en el año 2000, se puso en el debate el tema de gobernanza ligado a la GIRH. En el “Documento Marco para la Acción” de dicho foro se señaló a la GIRH como una herramienta clave para proporcionar seguridad hídrica al desarrollo sostenible. Una buena gobernanza implica la coordinación entre los diferentes sectores, donde el resultado es el uso eficiente de los recursos, el uso responsable y confiable del poder, y la provisión de servicios de forma eficiente y sostenible.

GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO (GIRH) Y SISTEMA DE AGUA URBANA (SAU)

La estrategia GIRH y el concepto de gobernanza surgen para garantizar la gestión a nivel global del recurso, desde su extracción del medio natural hasta su devolución al mismo, de modo que se cubran de modo eficiente y equitativo todas las demandas (consumo humano, riego, industria, entre otros), controlando su uso y corrigiendo la posible merma de calidad del agua en el proceso, de modo que su reingreso al medio natural se haga con un nivel de contaminación por debajo de unos estándares predefinidos que garantizan el mantenimiento de unos objetivos en el estado de las masas de agua (“enfoque combinado” de la Directiva Marco de Agua). El atender a una multiplicidad de demandas suele ser el problema fundamental a la hora de abordar la GIRH. En una cuenca natural de cierta extensión las demandas son muy variadas y, en general, competitivas (consumo doméstico, industrial, riego, producción energética, etc.) y la satisfacción del conjunto de estas demandas puede dar lugar a conflictos, si la oferta es escasa. Se pueden ya apreciar las evidentes interacciones entre el suministro de agua y el resto de componentes del ciclo.



Figura 1 | El ciclo del agua urbana, en un sentido tradicional o clásico.

Otras interacciones claves del propio ciclo del agua son las que se producen entre consumo de agua y el consumo de energía, por citar el ejemplo más notable. Buena parte de los costes asociados a la captación del agua, conducción (por bombeo, en general), tratamiento para el consumo y depuración tras su uso, son costes energéticos. Un ahorro en el consumo de agua, o una racionalización de su uso, deriva de un modo directo en un ahorro energético y en una mejora ambiental, no sólo fruto del buen uso del agua sino de un menor consumo de combustibles, lo que supone una menor huella de carbono.

Las ideas recogidas en los párrafos anteriores no son privativas de las cuencas naturales o rurales: su aplicación a cuencas urbanas es directa. Del mismo modo que se puede hablar de una cuenca hidrográfica natural se puede definir la cuenca urbana, y del mismo modo que se pueden analizar las componentes del ciclo hidrológico en un entorno natural, se puede analizar el tradicionalmente denominado ciclo del agua urbana (Figura 1).

El concepto tradicional de ciclo urbano del agua, a pesar de su nombre, es de corte lineal. Los procesos sucesivos responden a una secuencia dominante de flujo lineal: captación, distribución, uso/consumo, saneamiento, depuración y vertido al medio receptor. Una secuencia que se pone de manifiesto en unas infraestructuras que reflejan, de alguna manera, ese ir por detrás de las demandas originadas por los procesos de desarrollo urbano, lo que podría denominarse como comportamiento reactivo de las infraestructuras respecto a las necesidades de la población y de las exigencias ambientales. Este modelo tradicional es claramente insuficiente para poner de manifiesto la complejidad del problema del agua en el medio urbano, lo que ocasiona claras ineficiencias. Por ejemplo, el método clásico de satisfacción de las diversas demandas urbanas (usuarios particulares en ámbito doméstico, usuarios industriales, riego de parques y jardines, lavado de calles, etc.) es a través de un único suministro de agua potable. En el caso de que se produzca un episodio de escasez algunos de estos usos se limitan (p. ej. riego de parques), pero no ha sido usual en el pasado inmediato considerar fuentes complementarias, o alternativas, a los suministros convencionales. También se observan frecuentes disfunciones, observando por ejemplo que gestionar una red de saneamiento de modo disjunto respecto a la estación depuradora y al medio natural suele devenir en vertidos indeseados o en una deficiente explotación global, ya que los estándares de calidad o los niveles máximos de contaminación que puede soportar el medio natural condicionan o deben condicionar la gestión conjunta del sistema de saneamiento. Los actuales sistemas de agua urbanos son en gran medida el reflejo de un modelo de gestión lineal, no integral, ante un desarrollo urbano que no siempre ha sido sensible a ese carácter integral e integrador del recurso hídrico, especialmente en los ámbitos urbanos.

En este escenario, la estrategia GIRH promueve una transformación del modelo de gestión a través de cambios en la gobernanza, de modo que los sistemas de agua urbanos puedan transitar de un enfoque lineal no integrado a sistemas de agua urbanos que estén imbricados en los nuevos desarrollos urbanos sostenibles. La gestión integrada del recurso hídrico en el medio urbano es un objetivo al que tender, y que se logra secuencialmente. Desgranando el concepto de gestión integral del recurso hídrico aparecen ideas que deben ser consideradas: gestión coordinada del agua y del territorio; visión conjunta del agua y el resto de los recursos (energía, de modo muy particular); multiplicidad de demandas en competencia, que deben ser satisfechas de un modo equitativo; eficiencia económica; y respeto al medio natural.

El desarrollo territorial, no sólo en el ámbito urbano, debe contemplar la interacción con el medio natural (incluyendo los cauces fluviales, acuíferos y en general las fuentes de agua) como elemento sustancial de esta estrategia GIRH. Frente a esta necesidad surgen iniciativas a nivel internacional que proponen otorgarle al agua mayor protagonismo en la planificación y el desarrollo urbano sostenible, entre las que se puede citar dos corrientes: *Water sensitive urban design* (WSUD) o diseño urbano sensible al agua y *Low impact development* (LID) o desarrollo de impacto bajo. Entre los objetivos declarados de estas iniciativas, que podrían considerarse de re-ingeniería ambiental sostenible, se encontrarían: reducir los flujos de aguas pluviales, a través de una urbanización más “permeable”, que permita recuperar (al menos parcialmente) la infiltración que se da de modo natural; reducir la contaminación del agua utilizada en el medio urbano; proteger la calidad de las masas de agua vinculadas en el ciclo; evitar la contaminación del agua pluvial poco contaminada (por mezcla con aguas pluviales contaminadas o con aguas residuales), y considerar su aprovechamiento; reducir el consumo de agua de suministro, adaptando distintas calidades de agua a distintos usos; y minimizar la generación de agua residual, y evitar su mezcla con agua pluvial, lo que redundaría en una reducción de costes de transporte y tratamiento.

Iniciativas de enfoque de la estrategia GIRH pueden considerarse aplicaciones esenciales, desde una mejor gobernanza del agua, destinadas a realizar una adaptación efectiva de los sistemas de agua urbana a la estrategia de gestión integral de los recursos hídricos, como una contribución al desarrollo urbano sostenible. Se propone que este conjunto de diversas iniciativas de enfoque estratégico se identifiquen como Desarrollo Urbano Sensible al Agua (DUSA). Con el impulso del enfoque DUSA los actuales sistemas de agua urbana (concebidos originalmente bajo el concepto tradicional de ciclo de agua urbana) pueden transformarse, conceptual y físicamente, para una gestión integrada del sistema del agua urbana en los nuevos modelos de desarrollo urbanos sostenibles.

HACIA UNA GESTIÓN INTEGRADA DEL SISTEMA DE AGUA URBANA

Una mejor gestión del agua impone analizar los recursos disponibles y analizar algunos que no han sido tenidos en cuenta de modo tradicional. Es en ese proceso donde las interacciones en el sistema del agua urbana se hacen patentes. La Figura 2 ilustra las posibles interacciones entre lo que puede denominarse “clases” de agua urbana.

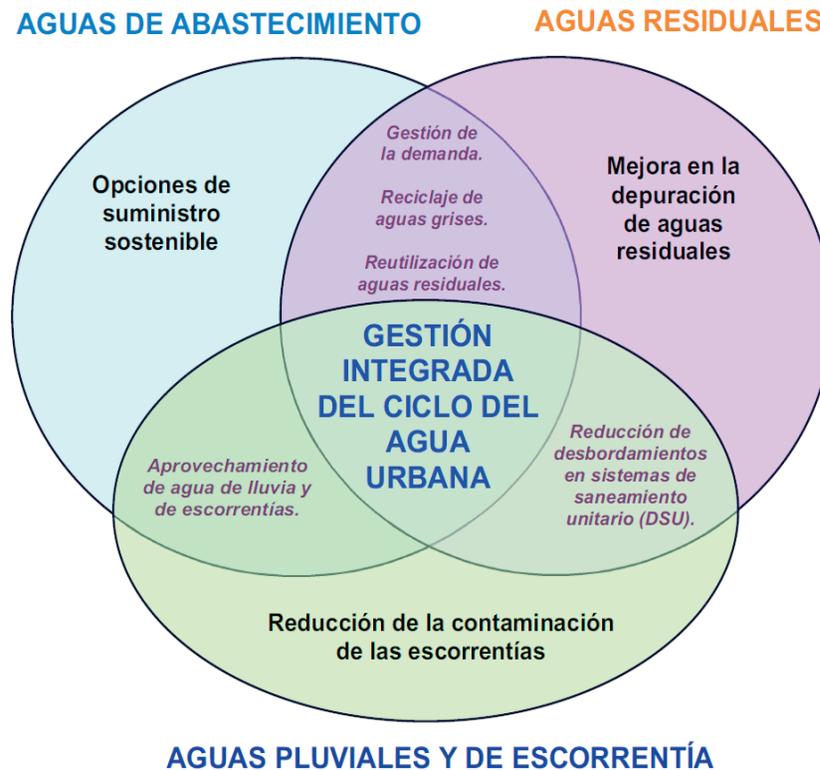


Figura 2 | Masas de agua urbana y sus interacciones en el marco de la GIRH (adaptado de Hoban y Wong, 2006).

Se puede observar en la Figura 2 como, a título general, conviven en el medio urbano tres clases de agua: la de abastecimiento (que puede tener una o varias fuentes de suministro), la residual (de un alto nivel de contaminación, en general) y la pluvial (prácticamente limpia en origen, pero de fácil degradación si no se toman las medidas adecuadas). Se muestran en la figura algunas de sus posibles interacciones en el marco de la gestión integrada del agua urbana. Sin ánimo de ser exhaustivos se resaltan algunas de las medidas apuntadas en la figura y que implican la interacción global entre las clases de agua. Si se centra el foco de atención en el abastecimiento, el punto fundamental es la diversificación de las fuentes y su especialización en función del tipo de uso. A las fuentes tradicionales (toma de una masa de agua superficial continental, ETAP, aducción, depósitos y distribución), se suman otras componentes, como son: las aguas subterráneas, las aguas pluviales y las aguas grises.

El agua pluvial recogida en su origen y derivada a depósitos sin contacto con zonas de tráfico o zonas muy contaminadas, y sin contacto con aguas residuales, tiene un nivel de calidad que la hace apta para cubrir una amplia variedad de usos urbanos (riegos públicos, por ejemplo, o consumos industriales) sin tratamiento adicional o con mínimos tratamientos. Se trata de una tendencia a futuro, aún sin explotar. Una gestión global del sistema permitirá incidir en los decisores en materia urbanística para una mejor gestión de las aguas pluviales. Por su parte, las aguas grises, generadas en las viviendas y en las industrias tras un uso relativamente “noble” del agua (que no genere mucha contaminación) y que puede ser directamente utilizada, reciclada, para un uso que requiera poca calidad (descargas en inodoros, riego, lavado de vehículos, etc.). En cuanto a las aguas residuales, tras su depuración, pueden

tener un nivel de contaminación compatible con algunos usos, y si se llega a un nivel de tratamiento que elimine suficientemente las sustancias contaminantes, se puede considerar esta agua regenerada y apta para múltiples usos (quizá con la excepción del consumo humano, aunque técnicamente es una opción posible). De nuevo, esta reutilización supone un mejor aprovechamiento del recurso disponible y un aumento de la oferta real, con lo que se minimizarían los episodios de escasez.

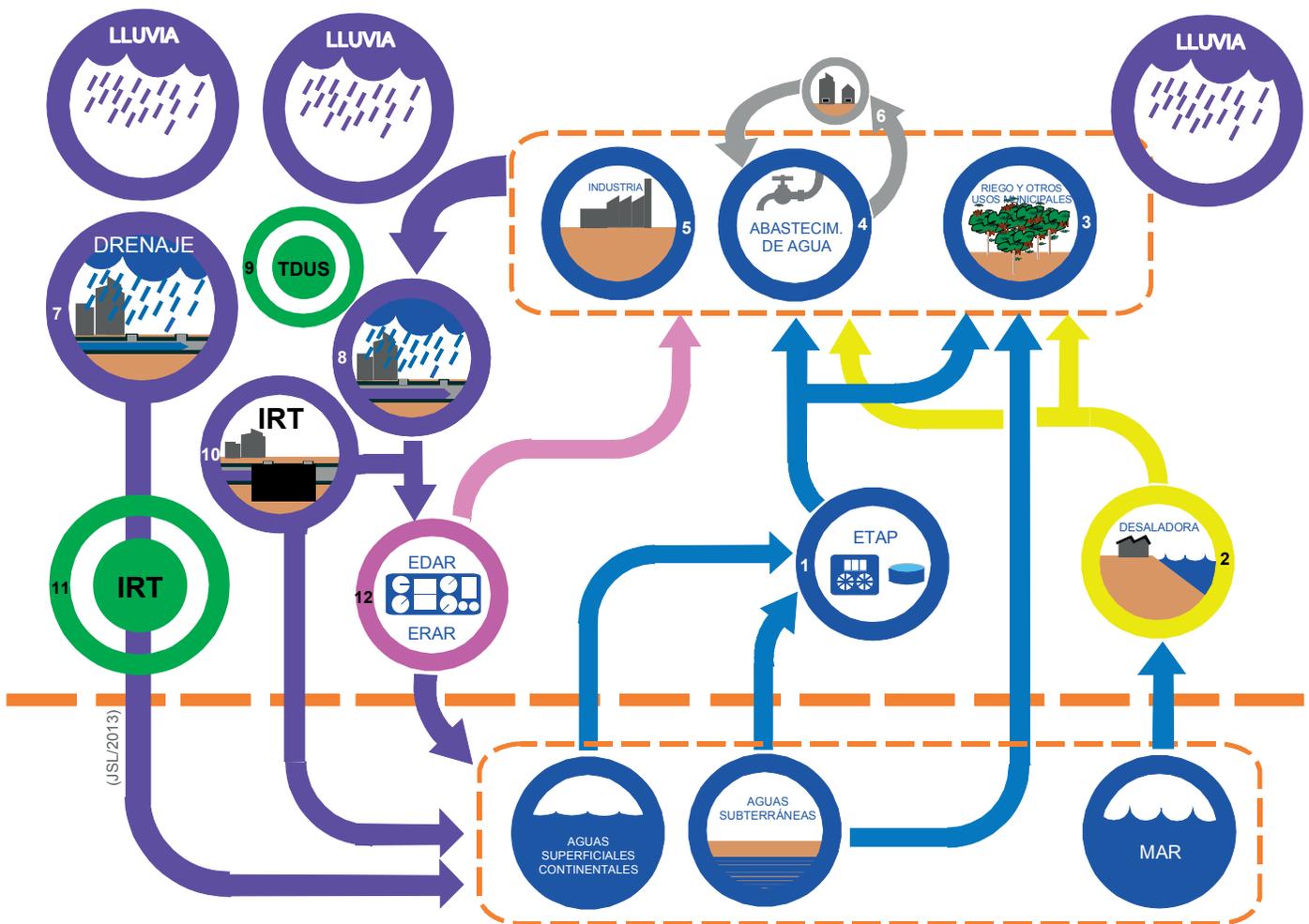
Desde el punto de vista del agua residual, también se pueden señalar ventajas adicionales de una gestión integrada. En primer lugar una reducción de los consumos disminuye los caudales de tratamiento en las EDAR, lo que redundaría en una reducción global del coste del servicio. Esta reducción de coste puede reinvertirse en una mejora de los procesos, que permita obtener agua con un nivel más bajo de contaminación en los efluentes, que puede ser suficientemente bajo para su reutilización directa en algunos usos, o para su regeneración y posterior uso en una amplia variedad de destinos. Una segunda ventaja sería la estabilidad en los caudales que llegan a la EDAR, provocada por una adecuada gestión de las aguas pluviales, que mejora ostensiblemente la explotación de la planta (con determinadas etapas muy sensibles a las variaciones de las características del agua residual que procesan) (Díaz-Fierros *et al.*, 2002). Una deficiente gestión del saneamiento puede hacer llegar a la EDAR puntas de caudal muy por encima de su capacidad de tratamiento, lo que generará vertidos y posibles incumplimientos de los estándares de calidad de los medios naturales receptores. Las ventajas no se agotan en la mejora de la garantía de suministro. Si se considera como punto de vista el agua pluvial aparecen nuevas virtudes derivadas de un urbanismo sostenible.

El enfoque tradicional de la gestión del agua pluvial es su drenaje para evitar inundaciones. Las inundaciones son mayores cuanto más impermeables son las superficies del medio urbano, porque se impide la infiltración (que es el método natural de captar el agua de lluvia por el terreno) y se reduce la evapotranspiración. Las medidas orientadas a captar y utilizar el agua pluvial cerca del punto donde cae se integran dentro de las denominadas Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible (TDUS) en origen, que el gestor del ciclo integral del agua puede proponer a los responsables urbanísticos, alivian de un modo notable este problema (Suárez *et al.*, 2010; Anta *et al.*, 2012). Las técnicas de drenaje urbano sostenible (TDUS) son medidas, procedimientos o infraestructuras destinadas a que el sistema de saneamiento mejore su eficacia en la gestión de las aguas pluviales (recogida, transporte, tratamiento, valorización, etc.). Los beneficios obtenidos por su uso pueden ser de dos tipos: el control de la cantidad de agua (caudales, volúmenes) y el control de la contaminación. Las TDUS pueden aplicarse tanto en el “origen” (allí en donde cae la lluvia y todavía los flujos no han sido introducidos en la red de drenaje), siendo aplicadas en la superficie de la cuenca (tanto si la red de saneamiento es unitaria o separativa), como “aguas abajo”, una vez las aguas de escorrentía pluvial ya han sido drenadas mediante colectores (Puertas *et al.*, 2008).

El agua pluvial, limpia en origen, se degrada al circular por zonas de tráfico o de mucha intensidad de urbanización (Suárez *et al.*, 2013). La captación de un máximo de agua pluvial en origen, antes de su contaminación, evita esta degradación, con lo que la adecuada gestión de las aguas pluviales supone una ventaja ambiental. Si las aguas pluviales (contaminadas o no) se mezclan con las residuales un cierto porcentaje de esta mezcla puede acabar en el medio natural sin depuración alguna, debido a la falta de capacidad de la red de alcantarillado o la EDAR. La contaminación aportada por los desbordamientos de sistemas unitarios es actualmente una importante presión sobre las masas de agua (Suárez y Puertas, 2005). Cuanto mayor sea el volumen de agua pluvial, más frecuente será esta falta de capacidad, y mayor será el impacto (Llopart-Mascaró *et al.*, 2014). Aun admitiendo que la entidad gestora del agua urbana sea única no será usualmente competente en urbanismo; sólo desde la gestión integrada del sistema de agua urbana se puede contemplar esta problemática en su conjunto, y se podrá, por tanto, interactuar con la autoridad competente en esta materia con una base técnica sólida. Es obvio que la gestión de estas interacciones exige la gestión integrada del agua urbana, ya que el agua abastecida, el agua pluvial (a drenar, según la visión clásica) y la residual forman parte de un sistema único.

La Figura 3 esquematiza (de un modo algo complejo, porque es un sistema complejo), los flujos de agua en el entorno urbano que se han ido señalando en los apartados anteriores. El sistema de agua urbana es un sistema complejo, dado que se compondría de lo que podría denominarse como un conjunto de sistemas (o subsistemas) tecnológicos. El sistema de agua urbana puede contemplarse como el conjunto de agentes intencionales (operadores de gestión, de diseño, de construcción y de operación), de componentes materiales tecnológicos (infraestructuras e instalaciones) y de componentes naturales (recurso hídrico en el territorio, que a su vez sería un subsistema natural), que se interrelacionan con el objeto de satisfacer de forma eficiente las demandas de uso y consumo de una población urbanizada y la conservación (o mejora) de la calidad ambiental del territorio (cuenca natural receptora del recurso, cuencas urbanizadas y medio receptor de vertidos) en que se asienta esa población urbana.

Se puede observar cómo se contemplan distintas fuentes de agua: abastecimiento tradicional, a partir de fuentes superficiales o subterráneas, aguas grises, aguas pluviales o aguas desaladas, y cómo aparece una red de interacción entre todas ellas y las aguas residuales (tras su tratamiento), que forman una red compacta de gestión, que no puede ser adecuadamente gestionada con operadores que sólo consideren una parcela o tramo.



- | | | |
|--|---------------------------------------|--|
| 1.- Estación de tratamiento de agua potable. | 2.- Desaladora. | 3.- Consumo de agua en riego/agrícola. |
| 4.- Consumo de agua en usos urbanos. | 5.- Consumo de agua industrial. | 6.- Sistemas de reciclaje de aguas grises. |
| 7.- Sistema de drenaje de aguas pluviales. | 8.- Sistemas de saneamiento unitario. | 9.- Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible |
| 10 - 11.- Infraestructuras de regulación y tratamiento (p.e. depósitos de tormenta, balsas de retención, etc.) | | |
| 12.- Depuradora de aguas residuales urbanas – Estación regeneradora de aguas residuales. | | |

Figura 3 | El sistema del agua urbana (elaboración propia).

El concepto de unidad de cuenca (de unidad de territorio) se impone como el único capaz de gestionar de modo eficaz este complejo sistema. Debe entenderse que ante una demanda concreta (industrial, por ejemplo), el gestor debe decidir qué tipo de agua conviene servir en función de la calidad requerida, de la oferta disponible, del coste de producción, del coste de oportunidad, etc. Este gestor puede, y debe además, ser el interlocutor con los responsables de la planificación y gestión urbanística, y colaborar

con ellos para caminar hacia un desarrollo urbano sostenible y una ciudad respetuosa con los principios del “Desarrollo Urbano Sensible al Agua” (DUSA), que se presentan más adelante. Como gestor de inversiones, puede colaborar en el desarrollo de técnicas de drenaje urbano sostenible, sabedor de que esa inversión repercutirá en una mejor calidad del servicio global (incluso del abastecimiento, ya que se mejora el nivel de los acuíferos, y se generan depósitos de agua de cierta calidad, para algunos usos urbanos). Desde el punto de vista de la rentabilidad económica, sólo desde la comprensión de las interacciones tiene sentido invertir en acciones, como las técnicas de drenaje urbano sostenible (TDUS), cuyos beneficios redundan en una mejora de la gestión del sistema en su conjunto, y a las que no es fácil (en la actualidad) asignar un beneficio evidente en términos monetarios si se cubren de modo aislado. Es difícil adquirir esta perspectiva cuando el abastecimiento, el saneamiento y la depuración se compartimentan y se consideran negocios distintos. La calidad global del sistema se resiente y aparecen parcelas no cubiertas por ninguno de estos gestores parciales. La faceta de protección ambiental, en concreto, suele ser un damnificado de esta concepción compartimentada.

ENFOQUE “DUSA” COMO ESTRATEGIA SOSTENIBLE DE GESTIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ASOCIADA A LAS AGUAS PLUVIALES EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO Y DRENAJE

En la bibliografía internacional es usual encontrar las expresiones *Low Impact Development* (LID) o *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), para hacer referencia a estrategias de planificación, desarrollo o urbanización. El LID es utilizado principalmente en la bibliografía y normativa de EE.UU, junto con el término *Green Infrastructure* (infraestructuras verdes), mientras que el WSUD nace y se implanta en Australia. Se propone el término DUSA, Desarrollo urbano sensible al agua, como un enfoque estratégico integrador de todas las tendencias citadas anteriormente. El DUSA representa un nuevo paradigma en la planificación y el diseño del medio urbano cuyos fines fundamentales son minimizar los impactos sobre el ciclo natural del agua y proteger la salud de los ecosistemas acuáticos. Promueve una aproximación al desarrollo urbano que se adapte a las características naturales de los emplazamientos o lugares, que proteja los ecosistemas naturales, y que optimice el uso del agua como recurso. Intenta hacer compatibles las actividades humanas con los ecosistemas a través de la gestión inteligente de todos los flujos de agua. Tiene como objetivo ofrecer soluciones sostenibles del ciclo del agua en las zonas urbanas. Se busca una gestión eficiente de todos los subsistemas del sistema de agua urbana. Además, el DUSA pretende integrar estas soluciones en la planificación y el diseño del desarrollo urbano (edificios y paisajes), hacia un objetivo general de desarrollo ecológicamente sostenible, como se muestra a continuación en la Figura 4 (EDAW, 2007).

Los enfoques “DUSA” suponen una estrategia de desarrollo urbano, de urbanización o re-urbanización, que se apoyan en los procesos naturales para gestionar las aguas pluviales lo más cerca posible de su origen. Se emplean principios tales como la preservación y la regeneración de las características naturales del territorio, minimizando las superficies impermeables para crear un sistema de drenaje que trate a las aguas pluviales como un recurso y una oportunidad, más que un flujo residual. La estrategia debe iniciarse con un proceso de planificación que identifique, en primer lugar, las áreas críticas con recursos naturales que deben ser preservados. Posteriormente, y una vez han sido definidas las necesidades de edificación (de usos), las estrategias deben incorporarse al proyecto. Directrices tales como mantener la red de drenaje natural, minimizar los movimientos de tierra (desmontes y terraplenes), agrupar los edificios o reducir las superficies impermeables, se incorporan en el diseño del proyecto.

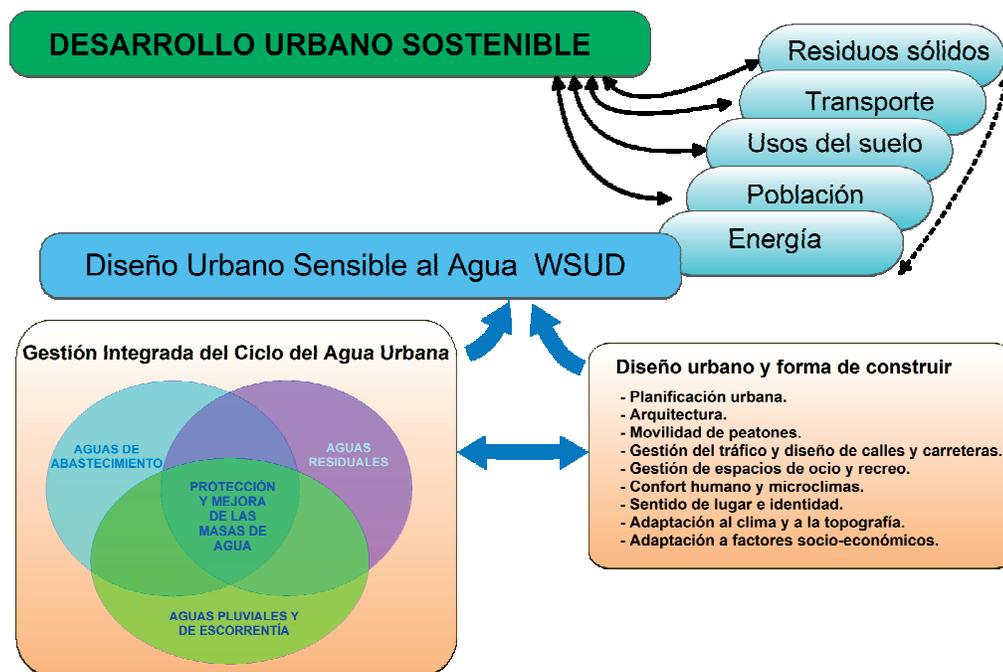


Figura 4 | Relación entre el diseño urbano sensible al agua, el desarrollo ecológicamente sostenible y la gestión del ciclo integral del agua (adaptado de EDAW, 2007).

Asociado a estas estrategias se encuentra el uso de las “infraestructuras verdes”, término relativamente nuevo y flexible, que se ha utilizado de manera diferente según los contextos. Benedict y McMahon (2006), en su libro “Green Infrastructures”, las han definido en términos generales como “una red interconectada de espacios naturales y otros espacios abiertos que conserva valores y funciones de los ecosistemas naturales, mantiene el aire limpio y el agua, y ofrecen una amplia gama de beneficios para las personas y la vida silvestre”. Sin embargo, la US-EPA, en su intento de aplicar su estrategia “Infraestructuras Verdes. Declaración de intenciones” (US-EPA, 2007), prefiere utilizar el término “infraestructuras verdes” para referirse, en general, a sistemas y prácticas que utilizan o imitan los procesos naturales, tales como infiltración, evapotranspiración, o uso de las aguas pluviales y/o las escorrentías en el lugar donde se generan (Anta, 2006). Por ejemplo, actualmente son consideradas “infraestructuras verdes” los tejados verdes, el uso de alcorques, “rain gardens”, cunetas o zanjas vegetadas, humedales “de bolsillo”, plantadores de infiltración, pavimentos porosos y permeables, camellones con vegetación, reforestación / revegetación, y la protección y mejora de zonas de amortiguación ribereñas y llanuras de inundación.

Las estrategias “DUSA” tienen unos objetivos últimos concordantes con los tres pilares del concepto de sostenibilidad: la protección ambiental, el avance en objetivos sociales y el desarrollo económico. Los objetivos ambientales, como ya se ha comentado, incluyen la mejora y protección de las masas de agua, el mantenimiento o la mínima alteración de los ecosistemas, el respeto de los flujos naturales de escorrentía y de infiltración, con el objeto de mantener el volumen natural de aguas subterráneas y no provocar alteraciones morfológicas en los cauces debido a un incremento de las escorrentías y, en general, la protección de la calidad de las aguas en el entorno urbano, que permita, por ejemplo, la utilización de las aguas de escorrentía para usos de abastecimiento alternativo, o que proteja la calidad de las aguas subterráneas. Los objetivos sociales incluyen crear entornos urbanos de mayor calidad, con mayor presencia de vegetación y áreas recreativas que “humanicen” las ciudades, que mejoren el aire ambiente, y que reduzcan las islas de calor urbano, que en algunos casos pueden suponer incrementos térmicos del orden de 10 grados, y que generen problemas de habitabilidad. Las áreas de captación de escorrentías limpias pueden, por ejemplo, conjugarse con zonas de uso lúdico, aunque se inunden esporádicamente. Los objetivos económicos son evidentes ya que una racionalización de la gestión de las escorrentías con control de flujos en origen implica un menor coste de tratamiento, menores secciones de alcantarillado, menores costes de urbanización, por tanto, y la reutilización de aguas pluviales para usos que no requieran calidad

implica una reducción potencial en el consumo de agua y de energía, como ya se ha comentado repetidamente en este texto. Los efectos sobre la huella de carbono, con implicaciones ambientales y económicas, deben ser también considerados.

En la Figura 5 se ilustra cómo funciona el ciclo del agua en los espacios naturales y urbanos. El diagrama de la derecha pone de relieve los beneficios potenciales de desarrollo urbano sensible al agua en la consecución de un régimen hidrológico más natural. Bajo este nuevo enfoque del DUSA comienzan a desarrollarse trabajos que facilitan la elección de diferentes estrategias de ahorro y la implantación de tecnologías, como las TDUS, para el análisis integral del sistema de agua urbano. En estos trabajos se desarrollan sistemas de ayuda a la decisión (DSS) que permiten la elección de los mejores emplazamientos para los nuevos desarrollos urbanos (Makropoulos *et al.*, 2008), el análisis de los impactos producidos sobre los medios acuáticos receptores (Marsalek, 2006), o el análisis de nuevas fuentes para el suministro de agua a través de la reutilización de aguas residuales, la valorización de aguas grises, mejoras en los sistemas de riego, almacenamiento en acuíferos, etc., a partir de modelos conceptuales de balance de masas (p. ej. Mitchell *et al.*, 2001 o Mitchell y Diaper, 2006).

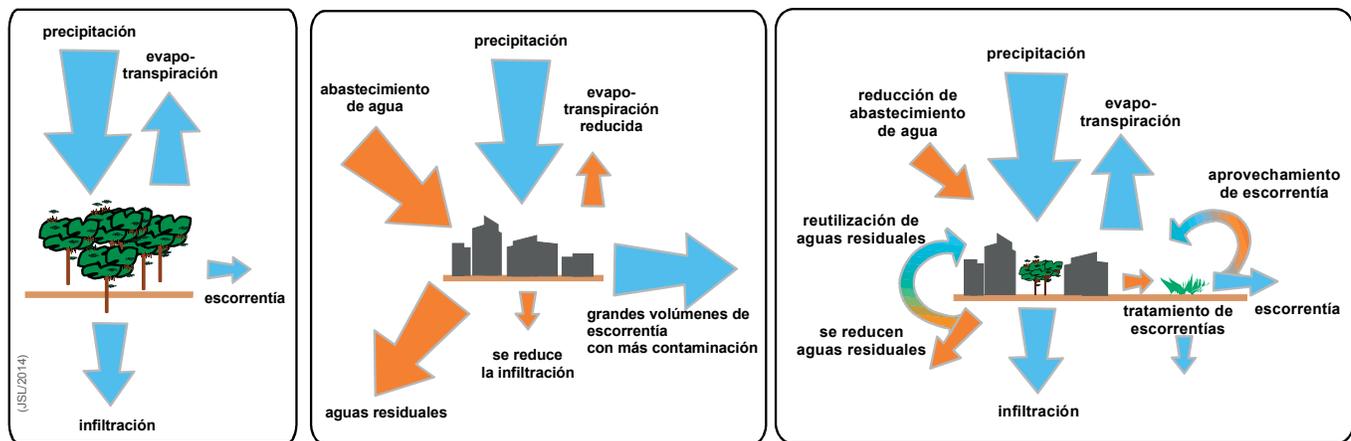


Figura 5 | El sistema del agua urbana en los espacios naturales, urbanos, y en los espacios urbanos diseñado con el enfoque estratégico DUSA (adaptado de Hoban y Wong, 2006).

EL NUEVO RETO DE LA GESTIÓN DEL LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA EN ESPAÑA

Es imposible comentar en este texto las implicaciones concretas de la visión global que se presenta a todos los sectores de actividad vinculados con el agua urbana. Sirva de ejemplo la gestión de las aguas de escorrentía urbana, que han pasado en las últimas décadas de ser una mera corriente molesta, a evacuar lo más rápido posible hacia el río o la costa, a una masa de agua con unas ciertas características de calidad, que en algunos casos puede ser utilizada para ciertos tipos de consumo, y en otros debe ser tratada debido a su nivel de contaminación. Como se ve, aparecen vínculos con los sistemas de abastecimiento y saneamiento, y el planteamiento global sobre cómo gestionarlas afectará directamente a los nuevos desarrollos urbanos. Se plantea como base de este análisis la publicación del Real Decreto 1290/2012, “por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), y el Real Decreto 509/1996, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas”, y la puesta en marcha de medidas para su implantación (entre las que hay que destacar la modificación de la Orden MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertidos) que obliga, en la práctica, a que el saneamiento y el drenaje urbano deban redefinirse en España.

Los precedentes legislativos más evidentes que propiciaron este decreto son, a nivel comunitario, la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, que incide esencialmente en la protección, conservación y mejora del estado de las masas de agua (tradicionalmente receptoras de los vertidos urbanos), y la

Directiva 91/271/CEE, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, que ya se incorporó al ordenamiento interno mediante el Real Decreto-ley 11/1995, y el Real Decreto 509/1996. El RD 509/1996 ha sido modificado en 2012 en el RD 1290/2012 para incidir en el enfoque global que se ha ido desgranando y para aclarar conceptos que poco a poco se van asentando, como el de “lluvias torrenciales inusuales”, que permite establecer escenarios excepcionales en que los flujos y niveles de contaminación son difícilmente controlables, y regular por tanto el desbordamiento de los sistemas de saneamiento en episodios de lluvia, teniendo en cuenta que en la práctica no es posible construir los sistemas colectores y las instalaciones de tratamiento de manera que se puedan someter a tratamiento la totalidad de las aguas en circunstancias tales como lluvias intensas. Se contempla, asimismo, la necesidad de aislar el sistema de saneamiento de las aguas freáticas (mediante una adecuada estanqueidad). Este aislamiento surge de una doble necesidad: evitar la contaminación de las aguas freáticas, quizá aptas para algún consumo, por la filtración hacia ellas de agua residual, y evitar el exceso de aguas a tratar, por el flujo inverso, hacia el sistema de saneamiento. De nuevo aparecen interacciones entre elementos del sistema de agua urbana, que la legislación va delimitando.

Una de las primeras alusiones a la nueva estrategia de control de la contaminación por desbordamientos tanto en sistemas unitarios como en separativos es el apartado “2.e” del artículo 246 del RDPH, en el que se hace referencia a la necesidad de aportar documentación técnica que desarrolle y justifique adecuadamente las características de la red de saneamiento y los sistemas de aliviaderos, y las medidas, actuaciones e instalaciones previstas para limitar la contaminación por desbordamiento en episodios de lluvias, para iniciar el procedimiento de autorización de vertidos. El Artículo 251 del RDPH, sobre “Condicionamiento de las autorizaciones de vertido”, también se ve modificado para incluir aspectos relacionados con la gestión de flujos contaminados en tiempo de lluvia. En las autorizaciones de vertido de sistemas de saneamiento de zonas urbanas se deben tener en cuenta ciertos criterios en relación a desbordamientos en episodios de lluvia: los proyectos de nuevos desarrollos urbanos deberán justificar la conveniencia de establecer redes de saneamiento separativas o unitarias para aguas residuales y de escorrentía, así como plantear medidas que limiten la aportación de aguas de lluvia a los colectores; en las redes de colectores de aguas residuales urbanas no se admitirá la incorporación de aguas de escorrentía procedentes de zonas exteriores a la aglomeración urbana; en tiempo seco no se admitirán vertidos por los aliviaderos; los aliviaderos del sistema colector de saneamiento y los de entrada a la depuradora deberán dotarse de los elementos, pertinentes en función de su ubicación, antigüedad y el tamaño del área drenada, para reducir la evacuación al medio receptor de, al menos, sólidos gruesos y flotantes; con el fin de reducir convenientemente la contaminación generada en episodios de lluvia, los titulares de vertidos de aguas residuales urbanas tendrán la obligación de poner en servicio las obras e instalaciones que permitan retener y evacuar adecuadamente hacia la estación depuradora de aguas residuales urbanas las primeras aguas de escorrentía de la red de saneamiento con elevadas concentraciones de contaminantes producidas en dichos episodios.

Cuando se hace referencia a que se deben plantear medidas que limiten la aportación de aguas de lluvia a los colectores de todo tipo (de sistemas unitarios y de sistemas separativos) se está promoviendo, en definitiva, el uso de TDUS. También la gestión de los flujos residuales en tiempo de lluvia se debe implantar en las zonas industriales, con unos criterios levemente distintos, que incorporan la prohibición de verter sustancias peligrosas o de proceso industrial, entre otras limitaciones.

Finalmente cabe comentar que en el RD 1290/2012 se especifica que el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en aras del cumplimiento de los objetivos ambientales del medio receptor, dictará las Normas Técnicas en las que se especifiquen y desarrollen los procedimientos de diseño de las obras e instalaciones de regulación y tratamiento para la gestión de las aguas de escorrentía. Dichas normas se utilizarán en el establecimiento de las condiciones de las autorizaciones de vertido. Las instalaciones de regulación y tratamiento (IRT) son, por tanto, las obras o infraestructuras en las que los flujos residuales (bien aguas de escorrentía pluvial contaminadas bien aguas residuales urbanas o industriales mezcladas con aguas de escorrentía pluvial) son sometidos a una serie de tratamientos y procesos de depuración, de modo que se produzca una reducción de la contaminación presente en las mismas que permita alcanzar los valores límite de emisión del vertido, teniendo en cuenta las normas de calidad ambiental determinadas para la masa de agua receptora; en estas instalaciones podrán existir aliviaderos que generen desbordamientos en situaciones de lluvias inusuales. Las IRT son, en definitiva, una tipología de TDUS (de control aguas abajo) en la que se busca tanto la regulación de caudales (uno de cuyos objetivos es minimizar impactos hidromorfológicos) como la reducción de la contaminación asociada a las aguas de escorrentía pluvial. Todos estos cambios normativos van orientados a la interconexión del sistema de saneamiento y drenaje de aguas pluviales dentro del sistema de agua urbana, y no es sino un primer paso hacia una visión más integradora, tal como se ha venido comentando (Figura 6).



Figura 6 | Esquemas conceptuales de sistemas de saneamiento unitario y separativo en los cuales se integran las "Instalaciones de Regulación y Tratamiento" (IRT) y las "Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible" (TDUS) (elaboración propia).

Conceptos y enfoques que ya se vienen aplicando a nivel de gestión de cuenca hidrológica a través del GIRH y de la buena gobernanza en el sector agua, deben ser trasladados y adaptados al sistema del agua urbana. El sistema de agua urbana es lo suficientemente complejo y estratégico como para que este hecho se produzca lo más rápidamente posible, y que se modifiquen las políticas y estrategias que actualmente son aplicadas. El incierto futuro próximo del recurso agua obliga a considerar un uso más eficiente del mismo con procedencias, o suministros, múltiples. La gestión de las aguas pluviales es clave en el sistema de agua urbana, como se ha puesto de manifiesto en los párrafos precedentes, por lo que la aplicación de los principios y enfoques del Desarrollo Urbano Sensible al Agua (DUSA) es fundamental, todo ello bajo el paraguas de la buena gobernanza en el sistema de agua urbana.

REFERENCIAS

- Álvarez-Campana Gallo, J.M. 2012. Agua y gobernanza. Gobernanza del agua en regiones húmedas atlánticas de la Península Ibérica. In: *Cuenca fluvial y desarrollo sostenible. Río Mandeo* (V. Berrocal, M. Cachafeiro, J. Suárez, eds.). Diputación de A Coruña, A Coruña, España, 87-100.
- Anta, J., Peña, E., Suárez, J., Cagiao, J. 2006. A BMP selection process based on the granulometry of runoff solids in a separate urban catchment. *Water SA*, 32(3), 419-428. doi:10.4314/wsa.v32i3.5268
- Anta, J., Puertas, J., Suárez, J., del Río, H., Hernáez, D. 2012. Gestión de las aguas pluviales en ámbito urbano. Las técnicas de drenaje urbano sostenible. In: *Cuenca fluvial y desarrollo sostenible. Río Mandeo* (V. Berrocal, M. Cachafeiro, J. Suárez, eds.). Diputación de A Coruña, A Coruña, España, 381-398.

- Benedict, M.A., McMahon, E.T. 2006. *Green Infrastructures: Linking Landscapes and Communities*. Island Press, Washington DC, USA.
- CE. 2010. *Desarrollo y gobernanza del sector del agua: Complementariedades y sinergias entre el enfoque sectorial y la gestión integrada de los recursos hídricos*. Comisión Europea, Europa Aid. Colección herramientas y Métodos, nº 7. ISBN 978-92-79-14536-0. Unión Europea.
- Díaz-Fierros T.F., Puertas, J., Suárez, J., Díaz-Fierros V.F. 2002. Contaminant loads of CSOs at the wastewater treatment plant of a city in NW Spain. *Urban Water*, 4(3), 291-299. doi:10.1016/S1462-0758(02)00020-1
- EDAW. 2007. *Water Sensitive Urban Design Objectives For Darwin - Discussion Paper*. Northern Territory Department of Planning and Infrastructure, Australia.
- Hoban, A., Wong, T.H.F. 2006. WSUD resilience to Climate Change. *Proceedings of the 1st international Hydropolis Conference*, Octubre, Perth WA, Australia.
- Hoekstra, A. 2006. *The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems. Value of water research report series No. 20*. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands.
- Llopart-Mascaró, A., Farreny, R., Gabarrell, X., Rieradevall, J., Gil, A., Martínez, M., Puertas, J., Suárez, J., Del Río, H., Paraira, M. 2014. Storm tank against combined sewer overflow: operation strategies to minimise discharges impact to receiving waters. *Urban Water Journal*, published online: 14 January, 2014. doi:10.1080/1573062X.2013.868499
- Makropoulos, C.K., Nastis, K., Liu, S., Mittas, K., Butler, D. 2008. Decision support system for sustainable option selection in integrated urban water management. *Environmental Modelling & Software*, 23(12), 1448-1460. doi:10.1016/j.envsoft.2008.04.010
- Marsalek, J. 2006. Overview of urban drainage impacts on aquatic habitat. In: *Integrated Urban Water Resources Management* (P. Hlavinek, T. Kukharchyk, J. Marsalek, I. Mahrikova, ed.) NATO Security through Science Series, 181-231
- Mitchell, V.G., Diaper, C. 2006. Simulating the urban water and contaminant cycle. *Environmental Modelling & Software*, 21(1), 129-134. doi:10.1016/j.envsoft.2005.03.003
- Mitchell, V.G., Mein, R.G., McMahon, T.A. 2001. Modelling the urban water cycle. *Environmental Modelling & Software*, 16(7), 615-629. doi:10.1016/S1364-8152(01)00029-9
- Puertas, J., Suárez, J., Anta, J. 2008. *Gestión de las aguas pluviales. Implicaciones en el diseño de los sistemas de saneamiento y drenaje urbano*. Monografía M-98, CEDEX, Centro de Publicaciones Ministerio de Fomento, Madrid, España.
- Rogers, P., Hall, A. 2003. *Effective Water Governance*, Global Water Partnership Technical Committee, Suecia.
- Suárez López, J., Puertas Agudo, J. 2005. Determination of COD, BOD, and suspended solids loads during CSO events in some combined cathments in Spain. *Ecological Engineering*, 24(3), 199-217. doi:10.1016/j.ecoleng.2004.11.005
- Suárez, J., Puertas, J., Anta, J., Jácome, A., Del Río, H., Novoa, R. 2010. Nuevas estrategias de gestión sostenible del agua en medio urbano *Spanish Journal of Rural Development*, 1, 1-24.
- Suárez, J., Jiménez, V., del Río, H., Anta, J., Jácome, A., Torres, D., Ures, P., Vieito, S. 2013. Design of a sand filter for highway runoff in the north of Spain. *Municipal Engineer*, 166(ME2), 121-129. doi:10.1680/muen.12.00028
- US-EPA2007. *Managing Wet Weather with Green Infrastructure Action Strategy 2008*. The Low Impact Development Center U.S.-EPA. <http://www.epa.gov/npdes/greeninfrastructure>
- Willems, P., Olsson, J., Arnerjer-Nielsen, K., Beechman, S., Pathirana, A., Bülow Fregersen, I., Madsen, H., Nguyen, V.T.V. 2012. *Impacts of Climate Change of Rainfall Extremes and Urban Drainage Systems*. IWA Publishing, London, UK.
- World Bank. 2012. *Integrated Urban Water Management. A summary note*. The World Bank, Washington DC, USA.