



*Autor:*  
Adrián Pedrozo Acuña.  
*Fecha de publicación:*  
30 de mayo de 2021

## Contaminación difusa, el reto para la gestión del agua en ciudades

Las técnicas de monitoreo automático y en tiempo real nos permiten resolver dudas relativas al origen de los contaminantes.



*La contaminación difusa en cuencas urbanas es uno de los problemas ambientales más serios en todo el mundo.*

Este fenómeno comprende la incorporación de contaminantes disueltos en el agua de las ciudades que son capturados a través de procesos hidrológicos como la precipitación, la infiltración y el escurrimiento en calles, azoteas, áreas comerciales y suelos urbanos altamente modificados. Dichas sustancias nocivas tienen impactos negativos en la calidad del agua superficial y subterránea. Es necesario distinguir este tipo de contaminación difusa de aquella que se origina de forma puntual por descargas asociadas con actividades industriales o plantas de tratamiento (Fletcher et al., 2013). La contaminación difusa se genera por una amplia gama de actividades a las que no es posible asociar una fuente discreta en el territorio.

En el pasado, la solución planteada para la contaminación del agua en ciudades industrializadas era la construcción de un sistema de drenaje general (Chocat et al., 2007). Sin embargo, existe una preocupación manifiesta que resulta del hecho de que, a pesar de la implementación de estos sistemas en el mundo, aún se registra un continuo deterioro de la calidad del agua en ciudades. No es casualidad que en la Comunidad Europea se hayan aprobado leyes y normas que demandan la necesidad de mantener una buena salud ambiental en los ecosistemas urbanos. Los contaminantes más comunes que se encuentran en las aguas de las ciudades son metales pesados, nutrientes, sedimentos contaminados, productos derivados del petróleo, medicinas, pesticidas y patógenos (ver por ejemplo Miller y Hutchins 2017 para ríos y Howard y Gerber 2018 para acuíferos). Algunas de estas sustancias tóxicas causan



efectos letales sobre los organismos acuáticos, falta de oxígeno y eutroficación de los cuerpos de agua como resultado del exceso de materia orgánica. Esto indica que, a nivel mundial, todavía no logramos una gestión sustentable del agua urbana.

La contaminación difusa en cuencas urbanas está directamente asociada a las alteraciones físicas del régimen hidrológico por la urbanización, entre las que destacan los altos porcentajes de áreas impermeables, la alteración de los ríos (p. ej. entubamiento) y la falta de conexión de algunas regiones de la ciudad a un sistema de drenaje central. La implementación de sistemas de drenaje en ciudades tiene efectos directos que implican una disminución en la recarga acuíferos, así como el incremento en el escurrimiento de agua pluvial, entre otros (Cristiano et al., 2017). En la actualidad, en el diseño del drenaje urbano existe una tendencia global a apartarse de las soluciones más tradicionales de la ingeniería hidráulica y de las soluciones centralizadas hacia metodologías de drenaje más naturales que permitan reducir los picos de operación en el drenaje que impliquen su desbordamiento. Este cambio en la conceptualización involucra el diseño más extensivo de medidas descentralizadas y naturales para la gestión de las aguas pluviales o de tormenta (Golden y Hoghooghi 2018). Estas se conocen como sistemas de drenaje sustentable (SuDS por sus siglas en inglés), soluciones basadas en la naturaleza, o infraestructura verde (ver Fletcher et al., 2015 para una revisión de terminologías). Este cambio de paradigma tiene como propósito retener las aguas de tormenta dentro de la ciudad para dar paso a procesos hidrológicos como la recarga, en lugar de desalojar las aguas excedentes de forma inmediata (Courty 2021).

A pesar de esta evolución, debemos reconocer que para ambos tipos de sistemas existe poca claridad sobre las fuentes precisas de contaminantes, su acumulación y destino dentro de los ríos y acuíferos. Sin embargo, podemos afirmar que la transición de sistemas centralizados a sistemas descentralizados representa una modificación en los flujos hidrológicos y su conectividad a nivel cuenca. El concepto de conectividad hidrológica ha probado ser muy útil para comprender la contaminación difusa que se da por actividades agrícolas en cuencas rurales (estudios sobre la exportación de nutrientes que generan eutroficación se documentan en Dupas et al., 2015 o Stachelek y Soranno 2019), sin embargo, este concepto no se ha utilizado en cuencas urbanas.

El eje principal para la gestión de la contaminación difusa en cuencas urbanas consiste en el control de la fuente, esto es, la reducción o cancelación de la acumulación de contaminantes en la superficie urbana donde sea posible. Si bien es cierto que el control de las fuentes de contaminación difusa en grandes ciudades es imposible, la evaluación de la conectividad hidrológica de los contaminantes nos permite identificar fuente críticas dentro de la ciudad, en las que es posible priorizar estrategias de manejo (Wang et al., 2017). Existen diferentes métodos para la priorización de las medidas, las cuales se pueden clasificar como intervenciones espaciales explícitas y de contaminantes específicos (Achonitis et al., 2018). De hecho, la Ley de Agua de la Comisión Europea indica una lista de sustancias prioritarias que deben ser utilizadas como guía (Directive 2008/105/EC, 2008, Annex I).

Más allá del control de la fuente de contaminación, se necesita un cambio seminal hacia la gestión activa de la conectividad hidrológica estructural y funcional de las cuencas urbanas. Este proceso será posible a través del uso de un conocimiento científico que provea información precisa sobre los procesos físicos de conectividad hidrológica dentro de las ciudades, dejando de lado los conceptos derivados de la comprensión empírica de la hidrología urbana (p. ej. coeficiente de escurrimiento). Para este propósito, necesitamos establecer guías y normas para el monitoreo continuo del drenaje urbano y de sus volúmenes, pero también de los contaminantes y sustancias que fluyen durante el día, de tal manera que podamos entender cómo se presenta la contaminación difusa a lo largo del tiempo.



Adicionalmente, las técnicas de monitoreo automático y en tiempo real nos permiten resolver dudas relativas al origen de los contaminantes, su destino y camino a través del drenaje, así como las áreas más afectadas que requieran atención inmediata. De igual manera, será posible analizar su operación antes, durante y después de una tormenta, de tal suerte que sea posible la identificación de un posible desbordamiento que ponga en aprietos la seguridad de la población.

Este tipo de estrategia permite identificar cuándo y dónde los patrones de conectividad hidrológica necesitan mantenerse o alterarse, evitando flujos intencionales o no intencionales de contaminantes dentro de las ciudades. Los análisis multiescala del funcionamiento seguro de los almacenamientos y barreras dentro de la ciudad tienen el potencial de identificar cuando las superficies y flujos urbanos estén fuertemente desconectados, difusamente conectados o completamente conectados (Fryirs, 2013).

La continua urbanización, aunada (McGrane, 2016) a las predicciones de incremento en las inundaciones pluviales por el cambio climático en diversos lugares del mundo (Miller y Hutchins, 2017), ha creado un caldo de cultivo perfecto para el incremento de la contaminación del agua en ciudades. Por esta razón, en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua estamos comprometidos con el impulso de soluciones basadas en la naturaleza, como una estrategia clave para la atención a este problema. Prueba de ello es nuestro Segundo Coloquio Internacional Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica, donde podrán ser testigos de trabajos bajo esta nueva óptica en Francia, Brasil y México. De esta forma, el IMTA motiva la evolución de la ingeniería nacional del agua.

#### Referencias:

Aschonitis, V. G., Gavioli, A., Lanzoni, M., Fano, E. A., Feld, C., & Castaldelli, G. (2018). Proposing priorities of intervention for the recovery of native fish populations using hierarchical ranking of environmental and exotic species impact. *Journal of Environmental Management*, 210, 36– 50.

Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M. R., Rauch, W., Schilling, W., & Urbonas, B. (2007). Toward the sustainable management of urban storm-water. *Indoor and Built Environment*, 16, 273– 285.

Cristiano, E., ten Veldhuis, M. C., & van de Giesen, N. (2017). Spatial and temporal variability of rainfall and their effects on hydrological response in urban areas - A review. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21, 3859– 3878.

Courty, L.C., 2021. Hacia una gestión de las aguas urbanas basada en la naturaleza, *Perspectivas IMTA*, No.6: <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-06>

Directive 2008/105/EC, 2008. Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on environmental quality standards in the field of water policy, amending and subsequently repealing Council Directives 82/176/EEC, 83/513/EEC, 84/156/EEC, 84/491/EEC, 86/280/EEC and amending Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council OJ L 348, 24.12.2008, p. 84–97

Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, J. M., Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Oudou, C. (2015). Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. *Ecological Indicators*, 48, 396– 407.



Fletcher, T. D., Andrieu, H., & Hamel, P. (2013). Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters; a state of the art. *Advances in Water Resources*, 51, 261- 279.

Fletcher, R., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12, 525- 542.

Fryirs, K. (2013). (Dis)Connectivity in catchment sediment cascades: A fresh look at the sediment delivery problem. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, 30- 46.

Golden, H. E., & Hoghooghi, N. (2018). Green infrastructure and its catchment-scale effects: An emerging science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*. 5, 1- 14. <https://doi.org/10.1002/wat2.1254>

Howard, K., & Gerber, R. (2018). Impacts of urban areas and urban growth on groundwater in the Great Lakes Basin of North America. *Journal of Great Lakes Research*, 44, 1- 13.

McGrane, S. J. (2016). Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: A review. *Hydrological Sciences Journal*, 61, 13,2295- 13,2311. <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.112808>

Miller, J. D., & Hutchins, M. (2017). The impacts of urbanisation and climate change on urban flooding and urban water quality: A review of the evidence concerning the United Kingdom. *Journal of Hydrology Regional Studies*, 12, 345- 362.

Stachelek, J., & Soranno, P. A. (2019). Does freshwater connectivity influence phosphorus retention in lakes? *Limnology and Oceanography*, 64, 1586- 1599.

Wang, Y. H. J., Montas, Brubaker, K. L., Leisnham, P. T., Shirmohammadi, A., Chanse, V., & Rockler, A. K. (2017). A diagnostic decision support system for BMP selection in small urban watershed. *Water Resources Management*, 31, 1649- 1664.