

Contaminación en escorrentía pluvial urbana. Aspectos generales. Contamination in urban pluvial run-off. General overview.

Ugarte Sanhueza R.1

1Geocat Gestió de Projectes S.A, Barcelona, España.
rugartes@gmail.com, phone: 34-653011940

INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Historial del
artículo:

Recibido
02-08-2011
Aceptado
02-09-2011
Publicado
01-01-2012

Palabras Claves:
Escorrentía
Pluvial
Urbana

ARTICLE INFO

Article history:
Received
02-08-2011
Accepted
02-09-2011
Available
01-01-2012

Keywords:
Run-offs
Pluvial
Urban

RESUMEN

Los últimos años, se han destinados esfuerzos para, en primer término definir y cuantificar los contaminantes presentes en escorrentías pluviales urbanas, y finalmente definir acciones que permitan administrarlos de tal forma de reducir su impacto en los cauces receptores. El objetivo de este trabajo es describir en términos generales la problemática de la escorrentía pluvial urbana. Para ello se abordan los aspectos generales a tener en cuenta, se muestran resultados de diferentes cuencas para conocer cuantitativamente las concentraciones de contaminantes resultantes en eventos reales de lluvias y finalmente describir los tipos de soluciones para mitigar daños y reducir concentraciones en estos vertidos.

Abstract

In these last years, efforts have been made to define and quantify the pollution present in urban pluvial run-offs, an, to define actions that allow the administration of them in such form to reduce their impact in the receiving channels. The objective of this work is to describe in general terms the problems presented by urban pluvial run-off. For it, the general aspects are going to considered; the results of different river basins to know quantitatively the concentrations resulting in polluting agents within real rain events, and finally, to describe the types of solutions to mitigate damages and to reduce concentrations in these spills.

1.1 Introducción

En lo que se refiere al estudio de la escorrentía superficial urbana si ha habido intenciones de abordar el tema, normalmente estos esfuerzos se han destinado principalmente, debido a la espectacularidad de los sucesos de inundaciones, y a que los daños que provocan son directos e inmediatos sobre las personas, primero a la determinación de caudales de avenidas y en segundo término a idear y proyectar medidas que permitan recolectar, conducir y luego administrar los altos caudales que se pueden generar ante lluvias incluso de mediana intensidad. Además de este significativo aspecto, y por la necesidad de proteger los medios naturales receptores, el tema ha ido evolucionando hacia el estudio de la calidad de las aguas de escorrentía pluvial urbana. Debido a que pueden arrastrar carga contaminante no menor, y provocar lamentables consecuencias ambientales y estéticas en el entorno del medio receptor. Esta problemática se acrecienta en las ciudades, debido a la impermeabilización propia de la urbanización, además que las actividades que realizamos en ella van acumulando gradualmente contaminantes en superficie.



Figura 1. Vertido de colector de aguas lluvias al medio natural.

Se ha observado que las mayores concentraciones de contaminantes, se presentan en los primeros instantes de la lluvia, es decir, con el arrastre inicial. Y, como es de esperarse, si la lluvia es de mediana intensidad, y provoca, en el caso de redes unitarias, un caudal ligeramente superior al de la capacidad de la planta de tratamiento, esta precipitación aumentará solo sensiblemente la capacidad de disolución del medio receptor, entonces se puede obtener un mayor impacto que con precipitaciones más intensas, donde la capacidad de disolución del medio receptor será mayor. Esta situación se acentúa en el caso de redes separativas, donde todo el caudal proveniente de la escorrentía, generalmente se vierte al medio natural sin tratamiento alguno.

1.2 Discusión

Las precipitaciones en suelo urbano, tienen principalmente dos incidencias, la primera de ellas de tipo cuantitativa, es por esto que los sistemas de drenaje urbanos, superficiales, y subterráneos, tienen como objetivo, evitar o minimizar inundaciones y sus daños. En segundo término, están las incidencias de tipo cualitativas. En el diseño de alcantarillas no se consideraban los contaminantes que llegaban a la red ni tampoco su vertido en el medio receptor. Sin embargo, desde finales de los años sesenta, países con un sistema de saneamiento más desarrollado, como Inglaterra, Estados Unidos, Francia y Dinamarca, entendieron que para tener una buena calidad global en el río es necesario estudiar las descargas de contaminantes en tiempos de lluvia.

En tiempos secos, la cuenca funciona como un depósito de acumulación de contaminantes, los cuales debido a la escorrentía que provocan eventos de lluvia, son arrastrados por la superficie y conducidos por las alcantarillas al medio receptor. Los efectos negativos sobre el medio receptor, son mayores frente a lluvias de intensidad moderada, cuando estas provocan caudales algo mayores a la capacidad de tratamiento de la planta. En las redes unitarias, a la concentración de contaminantes provenientes de la superficie, se agrega la contaminación de las aguas servidas y el arrastre de sedimentos movilizados de la propia red de alcantarillado, que el aumento de velocidades en los conductos de la red, puede generar. Esta mezcla, en teoría no se produce en redes separativas, dado que las aguas servidas y la escorrentía superficial se conducen por sistemas de drenaje distintos. Si a lo anterior, agregamos que los puntos de descarga de estas redes pueden situarse en cursos de caudales bajos, las precipitaciones que provocan el arrastre de contaminantes, también pueden provocar bajos caudales circulantes con un bajo poder de disolución, y por tanto, concentraciones de contaminantes mucho más elevadas.

Existen numerosas sustancias, que contenidas en la lluvia o en la escorrentía, pueden generar cambios en especies animales, plantas o estéticas en el medio receptor. Si estos cambios son inaceptables, las sustancias que producen estos cambios se denominan contaminantes. Entre los contaminantes más habituales, tenemos:

1. Sedimentos. La concentración de sedimentos, está condicionada cantidad de sólidos erosionables que hay en la cuenca. Su presencia en exceso principalmente provoca: un aumento de la turbiedad del agua, reduciendo la transmisión de la luz y con ello el crecimiento de la flora acuática; acumulación en zonas de fondo, limitando las zonas de puesta de los peces; y la alteración de la cadena alimenticia del medio acuático.

2. Sustancias con demanda de oxígeno. El oxígeno disuelto en el agua, necesario para la vida acuática, se consume en parte por las reacciones de oxidación de materia orgánica derivadas de actividades biológicas o químicas. El problema surge cuando la producción de O₂ no alcanza a compensar este consumo. Las consecuencias pueden ser, la reducción de los niveles de oxígeno, por debajo del mínimo necesario para la supervivencia de especies animales. Tendiendo en caso mas extremos, se puede favorecer la formación de zonas bajo condiciones anaeróbicas.

3. Indicadores biológicos. El agua de escorrentía puede contener cantidades importantes de coliformes fecales o totales, bacterias, como la salmonella o el costridium u otras mas peligrosas como la vibrio comma, provocan alteraciones de salud en animales y personas y pueden crear epidemias; tambien puede contener virus.

4. Nutrientes o bioestimulantes. Son sustancias que estimulan el crecimiento de plantas acuáticas y algas. Su crecimiento en exceso puede producir un aumento del consumo de oxígeno durante la respiración nocturna, reduciendo las cantidades de oxígeno disuelto (DO) en el agua por las noches. También puede producir un aumento de las algas en superficie, y favorecer, como la presencia de sustancias con demanda de oxígeno, la formación de zonas anaeróbicas con los problemas de olores, coloración del agua, etc, que implica.

5. Metales pesados. Presentes prácticamente siempre en aguas de escorrentía. Muchos de ellos pueden ser letales si sobrepasan algunos valores de concentraciones máximos. Los metales que se controlan habitualmente son Arsénico, Bario, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Mercurio, Niquel, Plata, Plomo, Selenio y Cinc. Aunque los más habituales son el Plomo, Cobre y Cinc.

6. Otras sustancias tóxicas. En el agua de escorrentía puede aparecer, producto de algún vertido tóxico, compuestos plásticos, fenoles y cresoles, pesticidas, herbicidas, aceites, grasas, metales, cloruros, especialmente en zonas donde se usa sal para eliminar la nieve, etc.

Los procesos relevantes en el estudio de vertidos en tiempo de lluvia, son:

1. Acumulación de contaminantes. Previo a días de lluvia se produce acumulación de contaminantes en superficie. Se ha visto mediante medidas de campo, que precipitaciones con intensidades menores a 0.013 mm/h, no llegan a interrumpir el proceso de acumulación.
2. Fuentes de contaminación en zonas urbanas. Entre los contaminantes que se depositan en zonas urbanas se pueden destacar los siguientes: restos orgánicos, restos sólidos de basura y sus lixiviados, sustancias químicas procedentes de procesos industriales, y residuos tóxicos procedentes de emisiones.

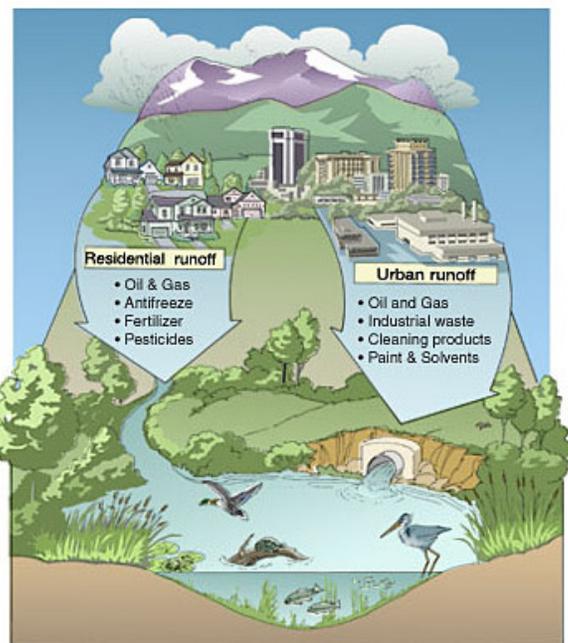


Figura 2 Esquema genérico del origen de vertidos pluviales urbanos.

En 1984 Rexnord Inc., se llevaron a cabo cuatro estudios de la composición escorrentía general urbana, un resumen de los resultados se presentan en laTabla 1

Tamaño (µm)	>250	88-250	44-88<	44
Sacramento	1.54	9.07	10.70	78.69
Harrisburgo	6.10	6.70	11.70	75.50
Milwaukee	14.56	7.00	5.84	72.60
Effland	3.58	1.30	8.06	87.06
Media	6.45	6.02	9.08	78.45

Tabla 1. Granulometría de material de escorrentía.

De ellos, se concluye que la escorrentía urbana arrastra las fracciones más finas del total del material depositado.

Además, se ha comprobado que el tipo de pavimento influye en la capacidad de almacenamiento y retención de contaminantes, así los pavimentos asfálticos pueden almacenar más materia contaminante. Otros aspectos que tienen importancia en la carga contaminante, son la presencia de obras, sistema y planes de limpieza, actividades urbanas, condiciones de mantenimiento de pavimentos, etc.

En EE.UU. se ha estimado que más del 80% de los problemas de contaminación en medios acuáticos son provocados por escorrentías urbanas. La precipitación limpia la atmósfera, arrastrando las partículas en suspensión y luego la escorrentía arrastra los contaminantes depositados en superficie.

Las relaciones intensidad-duración de la precipitación que consiguen limpiar el 90% de la carga contaminante en superficie, de acuerdo con estudios de la EPA, se muestra en la Figura 3. Figura 33. Relación Intensidad-Duración de la precipitación que consigue una limpieza de un 90% de contaminantes en vías urbanas.

3. Carga másica. Se define como la cantidad de un contaminante arrastrada por la escorrentía producida por una lluvia, por unidad de tiempo y unidad de superficie. A partir de recolección de datos en distintas cuencas, el National Urban Runoff Program (NURP), impulsado por la EPA, propone cargas másicas medias de tipo orientativo, según distintas clasificaciones del uso del suelo que son de gran ayuda a la hora de realizar una primera valoración de la carga contaminante de alguna zona urbana. En la Tabla 2, se muestran los valores de carga másica medios obtenidos en las cuencas estudiadas. Para estudios específicos, se debe realizar toma de muestras y análisis en la cuenca a estudiar, debido a la alta variabilidad de resultados, en función del lugar específico.

Tabla 2. Cargas másicas anuales según uso del suelo.

Carga másica (kg/Ha/año)							
Uso del suelo	DBO ₅	Sólidos	N Total	P Total	Plomo	Cobre	Cinc
Urbano	50	460	8.5	2.0	0.50	0.20	0.40
Residencial	35	420	6.6	1.8	0.30	0.10	0.25
Comercial	87	840	14.5	2.7	0.85	0.24	1.35
Cultivo	18	450	26	1.05			
Bosque	5	85	3	0.10			
Viales	87	990	13.8	0.7	0.500	0.08	0.47

Las limitaciones para reducir el impacto ambiental provocado por el efluente, se puede abordar desde dos enfoques. El primero, limita directamente el vertido, en cuanto a carga contaminante, frecuencia, volumen, etc. Sin considerar, el medio receptor, y la capacidad de disolución, si la tiene, de este. El segundo se centra en el medio, no solo en el vertido. Considera el medio receptor y sus características, disolutivas. En Chile el Decreto Supremo 90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que establece la norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, y que tiene “como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República, mediante el control de contaminantes asociados a los residuos líquidos que se descargan en

los medios receptores” aunque limita directamente las concentraciones máximas de contaminantes permitidas considera también el poder de disolución del medio receptor. En cuanto a normas de Calidad, a nivel internacional no ha habido total consenso a la hora de establecer normas para usos como: mantenimiento de la vida piscícola, aprovechamiento de agua con distintos fines, o simplemente la creación o mantenimiento de un entorno agradable para la recreación de la población. En este sentido la referencia usada por varios países es el Manual de Contaminación Urbana (UPM) desarrollado por el Reino Unido para vertidos discontinuos. En el, se definen 5 niveles de calidad, siendo el primero el más exigente. La Tabla 4, enseña los estándares de calidad, en percentiles para estos niveles.

Los vertidos afectan principalmente al primer par de categorías, RE1 y RE2, en ellos se espera mantener la vida piscícola, en donde una descarga puntual podría provocar la mortandad de los peces. Es por esto que se definen 3 estándares de calidad para vertidos discontinuos, con distintos niveles de protección. Estos son: ecosistemas adecuados para salmónidos (A), ecosistemas adecuados para ciprínidos (B) y ecosistema marginal para ciprínidos (C). Los dos primeros aseguran la protección para toda la vida del pez, mientras que el tercero protege solo a los peces adultos. Las exigencias para oxígeno disuelto de estos estándares, a modo de referencia, se enseñan en la Tabla 5.

Tabla 4. Estándares de calidad (UPM).

Clase	DO % Sat Perc 10	DBO (mg/l) Perc 90	Amonio (mg/l) Perc 90	Amoniaco no ionizado N/l Perc 90
RE1	80	2.5	0.25	0.021
RE2	70	4.0	0.60	0.021
RE3	60	6.0	1.30	0.021
RE4	50	8.0	2.50	
RE5	20	15.0	9.00	

Tabla 5. Estándares exigidos para el oxígeno disuelto para vertidos discontinuos. Concentraciones/duraciones, que no pueden ser superadas más de lo indicado.

Periodo de retorno	Concentración de oxígeno disuelto mg/l								
	1 hora			6 horas			24 horas		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1 mes	5.0	4.0	3.0	5.5	5.0	3.5	6.0	5.5	4.0
6 meses	4.5	3.5	2.5	5.0	4.5	3.0	5.5	5.0	3.5
1 año	4.0	3.0	2.0	4.5	4.0	2.5	5.0	4.5	3.0

Concentraciones/duraciones, que no pueden ser superadas más de lo indicado.

Para reducir los tipos y concentraciones de los vertidos, se pueden realizar actuaciones estructurales y no estructurales. Dentro de las últimas, educar y orientar a la población para que reduzca los depósitos en superficie, parecer resultar conveniente. La Figura 4 muestra un extracto de un folleto educativo para la población de la EPA Victoria (Environment Protection Authority Victoria's). En su página web se pueden encontrar diversos documentos que tienen como objetivo, primero educar y luego promover la disminución del vertido de contaminantes a la superficie de las ciudades.



Figura 4. Extracto de ejemplo de un folleto informativo (Environment Protection Authority Victoria's).

Otra técnica de minimización de la contaminación pluvial, son los llamados sistemas TEDUS (Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible). Se ha visto que influyen claramente en la disminución de la contaminación presente en la escorrentía superficial urbana. En el artículo "Caracterización analítica de las aguas pluviales y gestión de las aguas de tormenta en los sistemas de saneamiento" se presentan algunos resultados de caracterizaciones analíticas del agua de lluvia en distintos puntos de su recorrido urbano, previamente

a su llegada a la planta de tratamiento o al medio receptor. En él, se midieron contaminantes en el efluente de zanjas de infiltración para la retención de sólidos, metales pesados y nutrientes. Se pudo observar que todos los contaminantes presentes en el agua de escorrentía filtrada por el sistema de TEDUS, presentaron concentraciones claramente inferiores a las del agua de escorrentía superficial urbana. En general se calcula un grado de descontaminación superior al 70%.

Por otro lado, se ha verificado que la mayor carga contaminante resulta en los primeros instantes de lluvias, el llamado first flush. Como es prácticamente imposible tratar toda la escorrentía, por los grandes volúmenes resultantes. Con medidas estructurales, se busca disminuir el first flush, como almacenando al menos los primeros caudales, aún así se necesitarán almacenamiento del orden de decenas de miles de metros cúbicos. Para lluvias moderadas o leves, se puede aprovechar la capacidad de almacenamiento de la misma red, instalando compuertas, presas móviles y dispositivos de control, de tal forma que si la precipitación aumenta, a fin de evitar que colapsen las instalaciones, permita que los caudales circulen de manera normal por la red, vertiendo en el cauce, sí con concentraciones de contaminantes más bajas dado los mayores caudales. Esta alternativa supone tener una red con una capacidad de almacenamiento importante, tener un acabado conocimiento de toda la red y conocer muy bien su comportamiento hidráulico. Otra alternativa es, realizar el almacenamiento en depósitos de retención creados para este fin. Se trata que en algún punto de la red se intercepten, mediante un elemento de regulación los primeros caudales que excedan la capacidad de tratamiento de la planta. Si estas intercepciones, alcanzan la capacidad del depósito, se permite mediante otro mecanismo del tipo aliviadero el desagüe de estos caudales a la misma red, entonces se tratará en la planta depuradora, hasta alcanzar la capacidad de ésta, si se sobrepasa el excedente, como hasta ahora, se vierten directamente al medio receptor, aunque a menor concentración dado los altos caudales. Una vez termina la lluvia el agua almacenada en el depósito de retención se irá vaciando en la red y serán conducidos a la planta depuradora. De esta forma se retienen las mayores cargas contaminantes, mitigando el impacto en el medio receptor.

2. Conclusiones

La forma como se ha estudiado la escorrentía pluvial incluyendo la variable de calidad del agua al problema de la cantidad nos acerca a la búsqueda de sistemas sustentables, que en este caso no solo busca evitar volúmenes de agua en superficie que generen daños a las personas por inundaciones, sino además conseguido esto, evitar los impactos que las cargas contaminantes puedan generar en el medio receptor. O al menos, conociendo el problema específico, administrar los caudales y sus cargas contaminantes de manera de disminuir las altas concentraciones que afecten a éste. La solución del estanque de retención aparte de permitir laminar la concentración de contaminantes, permite, aunque de forma menor, laminar los caudales puntas, reduciendo de alguna forma los riesgos por inundación. Los sistemas TEDUS, además del efecto de laminación de puntas de caudales, tienen importantes efectos en la reducción en la contaminación, aunque para que lleguen a ser eficientes requieren de acciones colectivas.

Es importante destacar lo importante que es insertar en el colectivo la necesidad de estudiar de forma global el medio ambiente y específicamente las relaciones ciudad- curso fluvial- masa fluvial, ellas deben conocerse, respetarse y los profesionales urbanísticos, y la población en general, deben procurar una sana interrelación entre ellas.

3. Referencias

- Alcobé Picoy, Antoni. 2002. Efecte sobre la qualitat de l'aigua del riu Llobregat en el tram Sant Andreu de la Barca - Mar, dels abocaments en temps de pluja desde les xarxes de clavegueram. Capitulo 4. Barcelona, España: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Gómez Manuel. 2010. Curso de Hidrología Urbana. Barcelona, España. Distribuidora Alfambra de Papelería, S.L, Capitulo 19 y 20.
- Llopart-Mascaró Anna, Gil Alicia, Martínez Montse, Puertas Jerónimo, Suárez Joaquín, Del Río Héctor y Paraira Miquel. Caracterización analítica de las aguas pluviales y gestión de las aguas de tormenta en los sistemas de saneamiento. VI Jornadas Técnicas de Saneamiento y Depuración, Control analítico de la depuración de las aguas residuales, Murcia, 10 y 11 de Noviembre de 2010.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 1983. Results of the nationwide Urban Runoff Program.
- Rexnord Inc. (1984) "Source and Migration of Highway Runoff Pollutants". Research report para la FHWA (NTIS PB86-227915).
- Direcciones electrónicas
- Asiquim AG (Asociación gremial de Industriales Químicos de Chile). <http://www.asiquim.cl/web/Legistacion/DS%2090-2000%20CONAMA.pdf>. Acceso: Junio/2011.
- Columbia RiverKeeper. <http://www.columbiariverkeeper.org/index.php/headlines/view/86>, Riverkeeper Urges Oregon DEQ to Step Up and Tackle Stormwater Pollution from Cities, <http://www.columbiariverkeeper.org/>. Acceso: Junio/2011.
- The City of Billings, Montana. City Stormwater Program. <http://ci.billings.mt.us/>, <http://ci.billings.mt.us/index.aspx?NID=571&PREVIEW=YES>. Acceso: Junio/2011
- Environment Protection Authority Victoria's, Australia. Stormwater. <http://www.epa.vic.gov.au/>, [https://epanote2.epa.vic.gov.au/EPA/Publications.NSF/2f1c2625731746aa4a256ce90001cbb5/dabe3b5a38a5f2c2ca2570000025538c/\\$FILE/979.pdf](https://epanote2.epa.vic.gov.au/EPA/Publications.NSF/2f1c2625731746aa4a256ce90001cbb5/dabe3b5a38a5f2c2ca2570000025538c/$FILE/979.pdf). Acceso: Junio/2011.