

boletín ambiental

Julio de 2012

Instituto de Estudios Ambientales IDEA **108**

La Vulnerabilidad de las Redes de Drenaje y
el Impacto de los Sedimentos Urbanos sobre estas



La Vulnerabilidad de las Redes de Drenaje y el Impacto de los Sedimentos Urbanos sobre estas



JEANNETTE ZAMBRANO NÁJERA
Docente Departamento Ingeniería Civil
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Problemática de las Redes de Drenaje

La expansión urbana avanzó considerablemente durante el siglo XX. “En la actualidad casi el 50% de la población mundial vive en zonas urbanas, habiéndose incrementado más del 80% en los últimos 20 años” (Dolz y Gómez Valentín 1994). Estos cambios tan drásticos en las zonas urbanas han generado variaciones considerables en la hidrología urbana, los que exigen modificaciones en las redes de drenaje con altos costos económicos y sociales.

En lo referente a la hidrología, el proceso urbanizador modifica profundamente los cauces naturales afectando la capacidad de desagüe y favoreciendo así las inundaciones. Adicionalmente, las áreas urbanas son altamente impermeables y con poca o ninguna cobertura vegetal. Estos dos factores sumados a la búsqueda de un transporte rápido y eficaz de las aguas pluviales, ha conducido al aumento de las velocidades de flujo, la disminución de la infiltración en el suelo y por tanto el incremento en los flujos de agua que circulan de manera superficial.

Este incremento se produce en muy corto tiempo y así mismo se incrementan los caudales punta (ver figura 1). Normalmente, los desarrollos urbanos se producen desde las zonas antiguas hacia zonas más altas, de modo que las redes de drenaje ya no podrán transportar los nuevos volúmenes producidos, generándose problemas de inundación. Este fenómeno ha sido documentado desde hace mucho tiempo, por ejemplo, los estudios mencionados en Leopold (1968) y que se reproducen la tabla 1.



Figura 1. Hidrogramas antes y después del proceso urbanizador

Tabla 1. Incrementos en la descarga como resultado de la urbanización en un área de 1 milla cuadrada. Los valores representan la Escorrentía media anual. El intervalo de recurrencia es de 2.3 años. Los datos están expresados como la relación entre la descarga después de la urbanización con respecto a la descarga en las condiciones originales.

| Porcentaje de área con servicio de alcantarillado | Porcentaje de área impermeabilizada | | | |
|---|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 0 | 20 | 50 | 80 |
| 0 | 1.0 | 1.2 ¹ | 1.8 ¹ | 2.2 ¹ |
| | | 1.3 ² | 1.7 ² | 2.2 ² |
| | | 1.3 | 1.7 | 2.0 |
| 20 | 1.1 | 1.9 ³ | 1.8 | 2.2 |
| | | 1.4 | - | - |
| 50 | 1.3 | 2.1 ⁴ | 3.2 ¹ | 4.7 ¹ |
| | | 2.8 ¹ | 2.0 | 2.5 |
| | | 3.7 ⁵ | - | - |
| | | 2.0 ⁶ | 2.5 | 4.2 ³ |
| | | 1.6 | - | - |
| 80 | 1.6 | 1.9 | - | 3.2 |
| 100 | 1.7 | 3.6 ¹ | 4.7 ¹ | 5.6 ⁴ |
| | | 2.0 | 2.8 | 6.0 ¹ |
| | | - | - | 3.6 |

Fuentes: 1 Anderson (1968), 2 Martens (1966), 3 Wilson (1966), 4 Carter (1961), 5 Wiitala (1961), 6 Espey, Morgan y Masch (1966), los valores sin superíndice son de James (1966)

Para controlar los problemas de inundación existentes se pueden realizar acciones tendientes a aumentar la capacidad de desagüe de la red de drenaje, o disminuir el volumen de escorrentía (aumentando el almacenamiento superficial y la infiltración).

Para aumentar la capacidad de desagüe se incrementan sus dimensiones de acuerdo con el volumen que se desea captar y la velocidad con que se desplaza el agua. A su vez, la velocidad dependerá de la topografía de la zona, de modo que el diseño en zonas planas puede estar limitado. El incremento de las dimensiones está enormemente limitado por las altas densidades urbanas, ya que en muchos casos las nuevas actuaciones no son posibles.

Por otro lado, para incrementar la capacidad de almacenamiento superficial, se

pueden construir depósitos de almacenamiento para retener los volúmenes de agua excedentes de manera temporal. Este tipo de estructuras requiere de grandes áreas, lo que dificulta su ubicación en las zonas urbanas. Otra posibilidad consiste en utilizar la red de drenaje misma para almacenar los flujos excedentes en los tramos que presenten flujos bajos. Esta posibilidad se puede dar si la red es extensa y si la precipitación ocurre de manera no homogénea en la zona urbana. Para esto se requiere instalar compuertas en la red y estaciones de medición y control para conocer en tiempo real la situación.

Por último, la alternativa de aumentar la infiltración es muy compleja en zonas altamente urbanas, ya que son pocas las zonas disponibles para este proceso. Sin embargo, se pueden proponer como medidas adicionales, zonas de infiltración como parques, parqueaderos, plazas, etc.

Contaminación asociada al incremento de la escorrentía superficial

Los incrementos de escorrentía superficial tienen un impacto muy fuerte y negativo en la calidad de las aguas superficiales. Este empobrecimiento de la calidad de las aguas pluviales se debe a actividades antropogénicas realizadas en las cuencas, generando contaminantes de tipo biológico, químico y físico.

Los tipos de contaminantes que se pueden encontrar en las aguas de escorrentía son:

- Sedimentos,
- Aceites, grasas, y químicos tóxicos procedentes de los motores de los vehículos,
- Pesticidas y nutrientes procedentes granjas y cultivos,
- Virus, bacterias, y nutrientes procedentes de residuos derivados de mascotas y de fallas en los sistemas sépticos,
- Sales de las calles,
- Metales pesados procedentes de los techos, los motores de los vehículos y otras fuentes,
- Contaminación térmica debido a las áreas impermeables oscuras como carreteras o tejados.

La concentración de dichos contaminantes dependerá de factores como el patrón de lluvias, el volumen, intensidad de las mismas y el número de días secos previos a la lluvia; el tráfico, el uso de los suelos, las características geográficas y geológicas de la región, las prácticas de mantenimiento y la configuración del sistema de drenaje (Tsinhrantzis y Rizwam 1997). De estos factores, el volumen de flujo es el más influyente en la generación de cargas de escorrentía urbana. De modo que las características de la precipitación (volumen, intensidad, etc.), determinarán el tipo y cantidad de contaminación producida.

1 ALTAREJOS Francisco, IBÁÑEZ-MARTÍN José A, JORDÁN José Antonio, JOVER Gonzalo. Ética Docente. Ariel Educación. Barcelona. 1998. P 14.

Por otra parte, se ha encontrado que las cargas contaminantes presentes en los flujos de escorrentía superficiales pueden ser más altas que las encontradas en las aguas servidas. Por ejemplo, el 50% de los sólidos aportado a la red de drenaje es atribuido a lo recogido en calles y carreteras, según Ellis, 1986.

Entre todos los contaminantes encontrados en las aguas de escorrentía, los sedimentos son considerados de los más persistentes, constituyéndose en uno de los principales problemas de las redes de drenaje. Los tipos de sedimentos son tan diversos como las fuentes erosivas que los generen, pero en general se suelen clasificar en gruesos y finos. Los sedimentos finos causan generalmente problemas de calidad de las aguas tanto en el cauce como en las aguas receptoras. Uno de los principales problemas de este tipo de sedimentos es que otros contaminantes de origen no puntual, como nutrientes y metales pesados, pueden formar complejos con los minerales arcillosos presentes en ellos. Este tipo de contaminantes causa eutrofización en las aguas receptoras y altos niveles de toxicidad para los organismos acuáticos. En contraste, los sedimentos gruesos no tienen implicaciones químicas pero pueden causar acumulación en las redes causando disminución de la capacidad de flujo. Esto en las zonas urbanas incrementa considerablemente las posibilidades de inundación debido a la colmatación parcial o total de las redes de drenaje.

En conclusión, los procesos erosivos causan un gran impacto contaminante al generar grandes cantidades de sedimentos en áreas urbanas e incrementan de manera indirecta los sedimentos en las partes bajas de la cuenca. Estos impactos aumentan la vulnerabilidad de las redes de drenaje a los fenómenos de inundación y por tanto, el riesgo asociado para las poblaciones urbanas.

Por esta razón se requiere investigar los fenómenos erosivos ocurridos en las zonas urbanas, para implementar medidas que permitan controlar los flujos sólidos y líquidos. Existen numerosas prácticas utilizadas para controlar o minimizar los efectos nocivos de los sedimentos en las zonas urbanas. Éstas se suelen clasificar en medidas estructurales y no estructurales. Ambas necesitan una cuidadosa planificación y por tanto gran cantidad de información sobre las características de la cuenca.

Para mejorar el conocimiento que se tiene sobre una cuenca específica, se pueden desarrollar trabajos de campo. Aunque dichos estudios proveen información detallada de las características y propiedades físicas, están limitados puesto que no permiten modelar las interacciones entre procesos, ni extrapolar los resultados a otras zonas. Adicionalmente, pueden ser costosos y requieren de mucho tiempo. Por esta razón, se han desarrollado modelos computacionales para simular el comportamiento hidrológico y de contaminantes (especialmente los sedimentos) asociados.

La modelación numérica de los procesos erosivos ha progresado muy rápidamente desde el desarrollo de los lenguajes de programación y las técnicas computacionales. De manera que se han desarrollado numerosos modelos para evaluar la producción de sedimentos a diferentes escalas y con diferentes objetivos de modelación.

A pesar de la gran cantidad de modelos que se han desarrollado, existen muchos problemas para su aplicación por la heterogeneidad de las propuestas existentes debido a los procesos que describen, su formalización matemática, la representación espacial y temporal que realizan, los requerimientos de información y de tiempo de computación, etc., además, otros problemas para su aplicación son la sobre-parametrización, requerimientos de datos de entrada poco realistas, condiciones de aplicación no extrapolables a las condiciones locales y pobre o nula documentación sobre el uso y validación del modelo. Por este motivo, la aplicación de cualquiera de los modelos existentes a pequeñas cuencas urbanas, sobre todo, a aquellas con condiciones pluviométricas de precipitaciones con altas intensidades y corta duración, implica realizar grandes esfuerzos en tiempo y costos para determinar los parámetros requeridos por el modelo (problema de sobre-parametrización), o realizar simplificaciones de las características ambientales propias del entorno donde se realiza el estudio, que generarán errores en los resultados obtenidos.

Las soluciones a esta problemática no son únicas ni sencillas. Para lograr un equilibrio entre la hidrología de una zona y el desarrollo urbano se requiere de un gran trabajo de planificación, y de estudios detallados sobre el comportamiento de las ciudades. Por esta razón, se ha propuesto la realización de un modelo computacional que simule los flujos líquidos y sólidos y que se pueda adaptar a condiciones pluviométricas extremas (precipitaciones cortas y muy intensas), el cual se encuentra en desarrollo.

Referencias

- Anderson, D.G. (1968). Effects of urban development on floods in northern Virginia: U.S. Geological Survey open-file report 39 p.
- Carter, R.W. (1961). Magnitude and frequency of floods in suburban areas. Short papers in geologic and hydrologic sciences. Geological Survey. Paper 424-B.
- Dolz, J y M. Gómez Valentín. (1994). "Problemática del Drenaje de Aguas Pluviales en Zonas Urbanas y del Estudio Hidráulico de las Redes de Colectores." Drenaje Urbano 1 (1).
- Ellis, J. B. (1986). Pollutional Aspects of Urban Runoff. Urban Runoff Pollution. J. M. H. C. Torno, y M. Desbordes. Berlin, Heidelberg, NATO ASI Series. G10: 1-31.
- Espey, W.H., Morgan, C.W., y Masch, F.D (1966). Study of some effects of urbanization on storm runoff from a small watershed. Texas Water Development Board Report 23, 109 p.
- James, L.D. (1965). Using a computer to estimate the effects of urban development on flood peaks. Water Resources Research. 1 (2) p. 223-234
- Leopold, L.B. (1968). "Hydrology for Urban Land Planning – A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use. Geological Survey Circular 554. Washington.
- Martens, L.A. (1966). Flood inundation and effects of urbanization in metropolitan Charlotte (North Carolina). U.S. Geological Survey open-file report, 54 p.
- Wiitala, S.W. (1961). Some aspects of the effect of urban and suburban development upon runoff. U.S. Geological Survey open-file report, 28 p.
- Tsihrintzis, V. A. y H. Rizwam (1997). "Modeling and Management of Urban Stormwater Runoff Quality: A Review." Water Resources Management 11: 137-164.
- Wilson, K.V. (1966). Flood frequency of streams in Jackson, Mississippi. U.S. Geological Survey open-file report, 6 p.

Instituto de Estudios Ambientales - IDEA -
Teléfono: 8879300 Ext. 50190 / Fax 8879383
Cra 27 #64-60 / Manizales - Caldas
<http://idea.manizales.unal.edu.co>
idea_man@unal.edu.co