

LA PROBLEMÁTICA DE LOS REBOSES DE ALCANTARILLADO UNITARIO EN ENTORNOS URBANOS: CASO DE SANTIAGO DE COMPOSTELA Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO SAR

Autores: *Ing. Juan Cagiao**; *Ing. Fernando Vázquez***; *Dr. Ing. Jerónimo Puertas**; *Catedrático F. Díaz Fierros****; *Dr. Ing. Joaquín Suárez**

**Universidad de La Coruña, Área de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (ETSI Caminos, Campus de Elviña s/n, 15.071, A Coruña, La Coruña-España/ cagiao@iccp.udc.es).*

*** Instituto Politécnico José A. Echeverría, Grupo I.I.T. (Calle 114 s/n Marianao, Ciudad de La Habana/ dri@reduniv.edu.cu)*

**** Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Edafología (Facultad de Farmacia, Santiago de Compostela, La Coruña-España).*

Agradecimientos: Excmo. Concello de Santiago de Compostela, AQUAGEST Galicia y a la CICYT-AMB95-0997-C02.

RESUMEN

En el presente artículo se lleva a cabo una reflexión sobre la problemática que representa para una ciudad y su entorno la gestión del agua de tormentas. Si estas aguas no se controlan y/o tratan se produce un aporte de contaminación al medio receptor tan importante que no permite alcanzar los objetivos de calidad del agua para usos básicos e impiden la recuperación de los ecosistemas, además de alterar y desequilibrar el resto del sistema de saneamiento (red de tuberías y estación depuradora de aguas residuales). La reflexión se basa en un estudio de la problemática concreta de la ciudad de Santiago de Compostela, singular por sus lluvias y por la escasa capacidad del río Sar para recibir vertidos. Todo ello lleva a la conclusión de que es necesario realizar una revisión global del sistema de saneamiento y su rediseño aplicando criterios de "gestión integral" de las aguas y de la contaminación (tanto en tiempo seco como en tiempo de lluvia) y la necesidad de incorporar a la red nuevas infraestructuras de control y tratamiento de reboses (SCTR).

ABSTRACT

This paper deals with the problems involved in the management of storm water in a city and its surroundings. If this water is not treated and/or controlled, a discharge of pollutants is spilt to the receiving water (rivers, lakes,...) in such a way that the achievement of quality standards for basic uses is not possible, and neither is the recovery of ecosystems. The other elements of the sewerage system (pipes, wastewater treatment plant) are also altered. The paper is based on a study of the case history of "Santiago de Compostela", which has very singular problems because of its huge amount of rainfall and the low capacity of its river to absorb pollutant discharges. When analysing this data one can conclude that a global re-definition of the sewer system has to be done, as well as a new design of the network using "global management" criteria both for the water and for the pollutants (wet and dry conditions). This designs will include structures to control and manage CSO's.

INTRODUCCIÓN

Los primeros esfuerzos en depuración de aguas residuales se centraron en el control de los vertidos puntuales de origen urbano e industrial. Después de un fuerte desarrollo en sistemas de

tratamiento se comprobó que en muchos países la calidad de las aguas no era todavía satisfactoria (Ellis, 1991). Se observó que una gran parte del problema era originado por los vertidos intermitentes que se producían durante y después de las lluvias desde los alcantarillados unitarios de los núcleos urbanos. Este tipo de vertidos se denominan “reboses de alcantarillado unitario” (RAU), descargas de sistemas unitarios (DSU), alivios de tormenta (C.H.N., 1995), o “Combined Sewer Overflows” (CSO), en la literatura anglosajona. Fue en EE.UU. donde por primera vez se reconoció la importancia de este problema en la “Federal Water Control Act Amendments” de 1972. Después de años de estudios de caracterización de este tipo de sucesos se propusieron las medidas de control pertinentes y se comprobó el elevado coste económico que suponía minorar la contaminación que era vertida al medio acuático a través de este tipo de vertidos (“Cost Methodology of Combined Sewer Overflows and Storm Discharges”, EPA-430/9-79-003). A pesar de que desde esos años se llevan invertidos muchos recursos en el conocimiento y control del problema todavía hoy sigue siendo una de las principales causas de contaminación del agua (Moffa, 1990; Malgrat, P., 1995; Witte, J., 1997).

En Europa el control de la contaminación del agua de origen urbano siguió pautas similares a las de EE.UU. y concluyó también, al término de la década de los 80, que la eliminación o minimización de los reboses de los sistemas unitarios debía considerarse como objetivo prioritario en los planes de saneamiento y mejora de la calidad del agua de los sistemas acuáticos (Ellis, 1991). La Directiva 91/271 sobre tratamiento de aguas residuales es, sin embargo, poco explícita en relación con este problema. Sólo cita de forma genérica que todo tipo de agua que entre en una red unitaria deberá ser tratada y cita de forma explícita la necesidad de minimizar los vertidos de las aguas de tormenta. Deja a los estados miembros la libertad de limitar la contaminación del agua de los reboses mediante el establecimiento de una determinada dilución en un momento del vertido o la imposición de un número máximo de reboses al año (Valirón, F., Tabuchi, J, 1992).

En España, en donde predomina el alcantarillado unitario, el problema es evidente. Sin embargo, sólo muy recientemente, como en el “workshop” realizado en Benicassim en 1995, se destacó la importancia de este problema (Malgrat, P. 1995); asimismo, el MOPTMA diseñó a partir de los consejos del grupo “Grupo Avanzado de Drenaje Urbano (GADU)” de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS), el “Programa Nacional para la Medida de la Calidad de las Descargas de Alcantarillado Unitario a los Medios Receptores”, que tiene prevista su aplicación a diferentes ciudades españolas, pero que todavía no ha sido llevado a la práctica por problemas de financiación.

Para controlar los RAU, hoy en día, está admitido que debe realizarse siempre bajo el principio de Gestión Integrada, considerando todas las relaciones que se establecen entre: a) Lluvia, b) sistema de colectores; c) estación depuradora; d) medio receptor, aplicando siempre las que son definidas como “prácticas de gestión racional” (PGR), (BMP- “Best Management Practices” en la literatura anglosajona) (Horner, Skupien, 1994).

Los impactos de los R.A.U. pueden ser muy negativos. Determinan una pérdida muy importante de la eficacia del sistema, cuyo fin es la protección del medio acuático receptor. Las insuficiencias de la red de drenaje frente a la lluvia da lugar a inundaciones en la cuenca, con las

consiguientes molestias al ciudadano y los demás problemas que en general conllevan. La incorporación de sistemas de control y tratamiento de estos reboses, como aparecen en la figura N°1, determina una nueva relación entre las fuentes de contaminación y caudal, los sistemas de transporte y el medio receptor.

Una visión integral de la gestión del sistema que minimice los impactos y permita alcanzar los objetivos de transporte y mantenimiento de la calidad del agua fijados obliga a desarrollar una estrategia de control total de la contaminación. La contaminación que se permita entrar a la red de saneamiento desde la cuenca (por escorrentía o por aguas residuales urbanas), las transformaciones que dicha contaminación sufra en la red, la capacidad de transporte de la red y las diluciones que se permitan en los reboses, los sistemas de control y tratamiento que se implanten a lo largo de la red, determinarán qué tipo de aguas residuales, caudales y cargas recibirá la EDAR, que condicionarán su diseño y sus estrategias de explotación (Suárez, J.; Tejero, I.; 1995). La gestión de los R.A.U va a ser siempre difícil tal y como se pone de manifiesto analizando simplemente uno de los factores, la lluvia, de naturaleza estocástica, por lo que será imposible una protección absoluta del medio receptor.

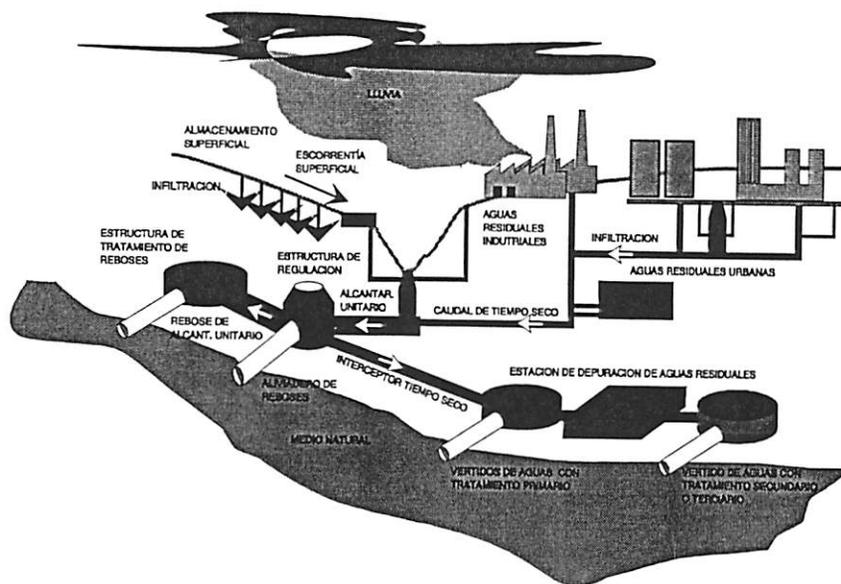


Figura N°1.- Esquema general de un saneamiento con S.C.T.R.

Por otra parte, la concentración de actividades humanas genera deposición de polvo, suciedad, arenas, materia orgánica, nutrientes, metales pesados, tóxicos y contaminación bacteriológica sobre las superficies. Estos materiales son lavados y arrastrados por la escorrentía superficial, y al final acaba aumentando la contaminación de las

aguas receptoras. Al depositarse los materiales que iban en suspensión los organismos mueren al quedar enterrados. Los nutrientes contribuyen a la mejora de la productividad pero pueden generar problemas de eutrofización. La materia orgánica biodegradable genera descensos en los niveles de oxígeno disuelto. Los metales pesados, los hidrocarburos y la sal pueden ejercer efectos crónicos o de toxicidad aguda sobre los ecosistemas acuáticos. El vertido de contaminación bacteriológica por las aguas de escorrentía puede generar riesgos para la salud. Todos estos impactos perturban los posibles usos de la masa de agua receptora.

Las cargas contaminantes anualmente vertidas al medio receptor por las aguas de escorrentía son del mismo orden de magnitud que las vertidas por la red de aguas residuales tras tratamiento

convencional, al menos para contaminantes como los sólidos en suspensión. Los vertidos de nutrientes y metales pesados desde sistemas separativos y por R.A.U. desde sistemas unitarios son comparables, calculados por área de superficie pavimentada.

OBJETIVOS

En el año 1.995, nuestro equipo multidisciplinar de las Universidades de La Coruña y Santiago de Compostela, inició la primera toma de datos para llevar a cabo este tipo de estudios en la ciudad de Santiago de Compostela. En la actualidad se llevan invertidos unos 100.000\$ (instrumentación y campañas de campo) en el estudio de este tipo de problemas en el ámbito de la ciudad y el río Sar.

El objetivo final de este Estudio es lograr el diseño de unas “Directrices de Gestión Integral del Saneamiento de Santiago de Compostela” en las que se establezcan las medidas de actuación necesarias para conseguir una calidad de agua en el medio receptor de forma que se obtenga la mejor relación coste/beneficio ambiental.

Para ello se están desarrollando los siguientes aspectos:

- Análisis y recopilación de datos de la cuenca (cuenca hidrográfica y cuenca urbana).
- Medida y análisis de lluvias.
- Elaboración de modelos de simulación de la red de drenaje (transformación lluvia-caudal, generación y arrastre de contaminación en superficie, hidráulica y calidad en colectores).
- Caracterización de sucesos de rebose (frecuencia, hidrogramas, polutogramas, etc.).
- Estudios del comportamiento de la estación depuradora frente a variaciones de caudal y de carga. Elaboración de un modelo de la EDAR (propuesta de mejoras, cambios de diseño y explotación).
- Elaboración de un modelo de calidad de aguas del río Sar. Simulación de impactos por vertidos en tiempo seco y por sucesos de rebose en tiempo de lluvia. Análisis del cumplimiento de estándares de calidad (tiempo seco y de lluvia).

Es necesario aclarar que el presente artículo se presentan los cuatro primeros puntos, estudiándose una de las siete subcuencas que componen la cuenca global de drenaje de Santiago de Compostela, llamada “El Ensanche”. Los primeros resultados que se presentan al final de este artículo corresponden a esta subcuenca. Entre los futuros desarrollos está el estudio de las demás cuencas para luego integrarlas en un modelo global, además de los dos últimos puntos mencionados anteriormente.

Es importante resaltar que la metodología empleada está basada en la utilización de modelos numéricos que simulan de forma continua los procesos físicos de tipo hidráulico y de transporte y reacción de contaminantes, y que una vez calibrados nos permitirán ensayar las mejoras necesarios que optimicen el sistema de drenaje y que nos permitan alcanzar los niveles de calidad establecidos para el medio receptor.

METODOLOGÍA

Estudio de la cuenca

Santiago de Compostela es la capital de la Comunidad Autónoma de Galicia. Con una población creciente de más de 100.000 habitantes es la tercera ciudad de Galicia. Se encuentra situada entre dos ríos, el Sar y el Sarela, afluente del primero, que fueron el motivo de que surgiera el germen de la ciudad y que son en la actualidad los que más presión reciben de la misma. La ciudad ha utilizado sus aguas históricamente, primero para abastecerse y luego para realizar sus vertidos de aguas residuales.

La capital dispone de un sistema de saneamiento heterogéneo, como sucede en todas las ciudades que han ido consolidando su estado a lo largo de siglos: distintos materiales y distintos enfoques técnicos se han ido superponiendo hasta conformar la situación actual.

El sistema de saneamiento de Santiago es unitario a excepción de alguna nueva área urbanizada recientemente. Se diferencian claramente tres zonas: el casco antiguo, zona del ensanche, y nuevos asentamientos (siete subcuencas en total). La cuenca urbana se podría describir de forma general en dos tipologías, una con urbanización cerrada de 3.9 km² (80% impermeable) y otra de urbanización abierta de 5.5 km² (20% impermeable).

El sistema es antiguo, con numerosas infiltraciones, manantiales incorporados a la red y entrada de aguas procedentes de achiques de sótanos. En los últimos años se han realizado importantes obras para eliminar esencialmente algunos problemas de inundaciones.

El sistema de colectores interceptores tiene forma de "Y" y discurre paralelo a los ríos Sar y Sarela, tal y como se observa en la figura N° 2. Su estado de conservación no es bueno, permitiendo que aguas fluviales penetren en las conducciones en algunos puntos. Por supuesto, en época de lluvias, y a través de los numerosos aliviaderos, se vierten a los dos ríos las aguas que no pueden ser transportadas a la estación depuradora de aguas residuales (E.D.A.R.) de Silvouta. Un elevado volumen de agua, con una importante carga contaminante, se vierte sistemáticamente durante estos sucesos a ambos ríos.

La depuradora, convencional de fangos activos, está a menudo al borde del colapso puesto que los caudales máximos que es capaz de tratar ya son superados en ocasiones en tiempo seco. Las dificultades de operar la planta en esta situación, que debería ser excepcional y no ordinaria, hace que tanto la línea de agua como la línea de fangos se desequilibren y, por lo tanto, la calidad del efluente empeore.

Ambos ríos, Sar y Sarela (este último afluente del primero) nacen en las proximidades de la ciudad, por lo que apenas son arroyos de menos de 4 metros de anchura y unos decímetros de profundidad cuando ya comienzan a recibir pequeños vertidos. Conforme van incorporando cuenca receptora van aumentando también sus caudales pero a la altura de la E.D.A.R., con un caudal medio de 400 l/s, el río Sar apenas lleva 500 l/s en verano. La calidad del efluente de la E.D.A.R. condiciona totalmente la calidad del agua del río. Los efectos de los sucesos de rebose

de alcantarillado en época de lluvia, frecuentes en esta región, junto a la situación anteriormente comentada finalmente han degradado el ecosistema fluvial.

La subcuenca objeto de estudio en este artículo, "El Ensanche", está totalmente urbanizada (94.5% impermeable), con una superficie de 45 hectáreas y una población de unos 40.000 habitantes.



Figura N°2.- Esquema de las subcuencas y del río Sar

Posee una pendiente media acusada (4-13%) y dispone de un sistema de saneamiento de tipo unitario de 10 Km de longitud. Se trata de una zona de alta densidad de población y fuerte tráfico rodado. La subcuenca drena al río Sar, tal y como se puede observar en la figura N°2. En el punto de desagüe se situó una sección de control con instrumentación para medición de caudales y parámetros de calidad. Un esquema se puede ver en la figura 3.



Figura N°3.- Subcuenca "El Ensanche"

Datos de campo

Los datos de campo necesarios para nuestro estudio se dividen en dos tipos:

a) Datos de modelo, para introducir en el modelo hidráulico y de calidad, y son: lluvia, topografía de la superficie urbana, topología de la red de conductos, caudal base (aguas fecales y parásitas) y su caracterización durante tiempo seco, información sobre la acumulación de polvo y suciedad en superficie según usos del suelo, etc.

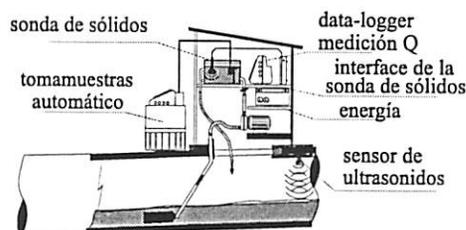
b) Datos de calibración del modelo, es decir, para el proceso mediante el cual se ajusta el modelo numérico para que los resultados simulados se asemejen a los observados (sección de control).

Dichos datos son: caudales, para la calibración

hidráulica; y parámetros de calidad (sólidos en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, metales pesados, etc...) para poder efectuar la calibración de calidad.

En la Figura N°4 se ilustra un esquema de la sección de control para la toma de datos reales en continuo.

Figura N°4.- Esquema de la sección de control



Modelización

Para llevar a cabo la modelización de la cuenca se ha utilizado el programa llamado SWMM (Storm Water Management Model) de la Agencia de Protección Medioambiental Norteamericana (EPA). Se trata de un modelo ampliamente contrastado durante más de 25 años por científicos e ingenieros de todo el mundo.

Dicho modelo está dividido en varios bloques que se traspasan información de uno a otro. Se han empleado los siguientes bloques: 1) RUNOFF, que genera los hidrogramas y polutogramas de la escorrentía a partir de los datos de lluvia y las características de contaminación en superficie; 2) EXTRAN, que simula el flujo hidráulico en la red de conductos empleando las ecuaciones completas de Saint Venant; 3) TRANSPORT, que simula el flujo de contaminantes a través de la red hasta nuestra sección de control.

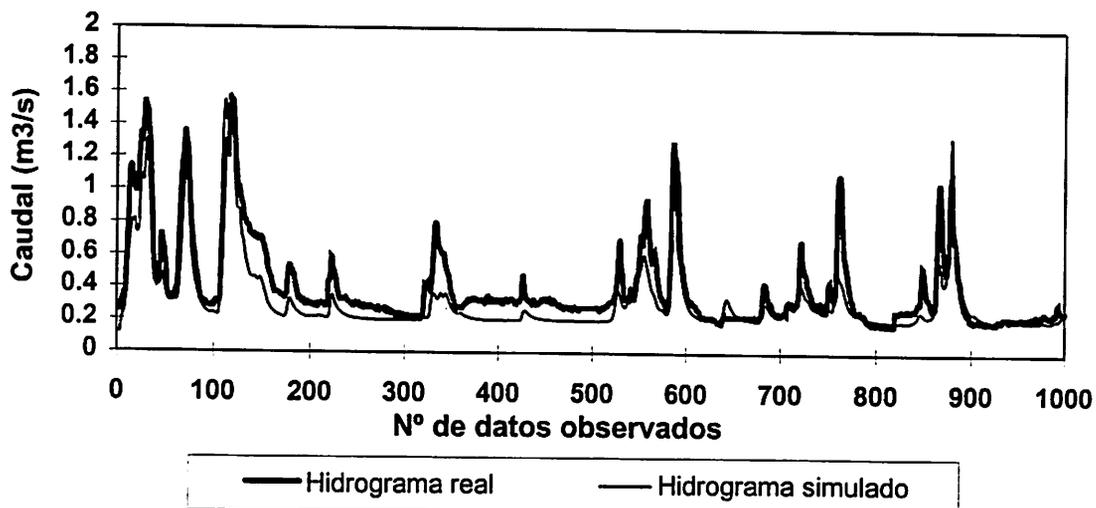
Calibración del modelo

Una vez introducidos los datos de modelo en el programa, se obtienen hidrogramas y polutogramas simulados en el punto de desagüe de la cuenca de "El Ensanche", en donde se halla la estación de control que nos arroja datos reales con los que poder comparar los simulados. Así, en esta etapa se ajustan aquellos parámetros no correlacionados del modelo que son difíciles de evaluar en campo de modo que los resultados de la simulación sean lo más semejantes a los datos reales.

RESULTADOS

Actualmente, el modelo hidráulico de la cuenca de "El Ensanche" está calibrado, tal y como se puede observar en la Figura N°5 en la que se comparan los hidrogramas simulado y real en el punto de desagüe de la cuenca durante

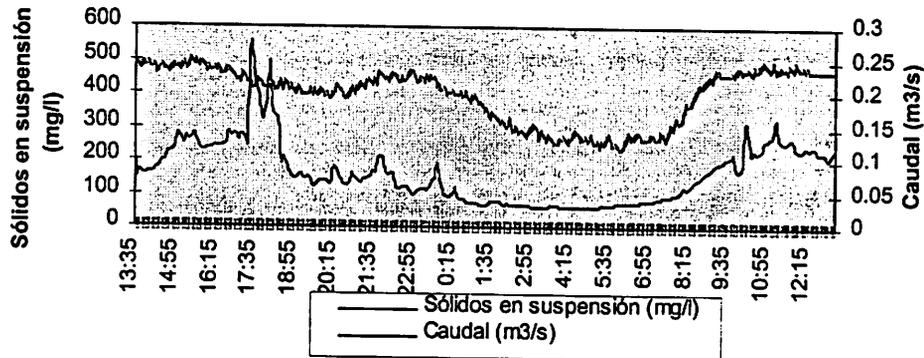
Figura N°5.- Comparación de caudales medidos y simulados .



En la Figura N°6 se muestran los primeros resultados de la lectura de la sonda de sólidos en suspensión junto con el caudal registrado en tiempo seco. Estos datos se emplearán para la calibración del modelo de calidad de la cuenca de “El Ensanche”.

Figura N°6.- medidas en continuo de caudal y sólidos en suspensión

Sólidos en suspensión y caudal durante tiempo seco
25-26/8/98



A continuación se presentan (Figuras N° 7,8, 9 y 10) los resultados de la caracterización de las aguas durante tiempo seco (sólidos totales ST, sólidos en suspensión SS-fracción volátil, SSV y fija SSf; DBO₅) a lo largo de 24 horas.

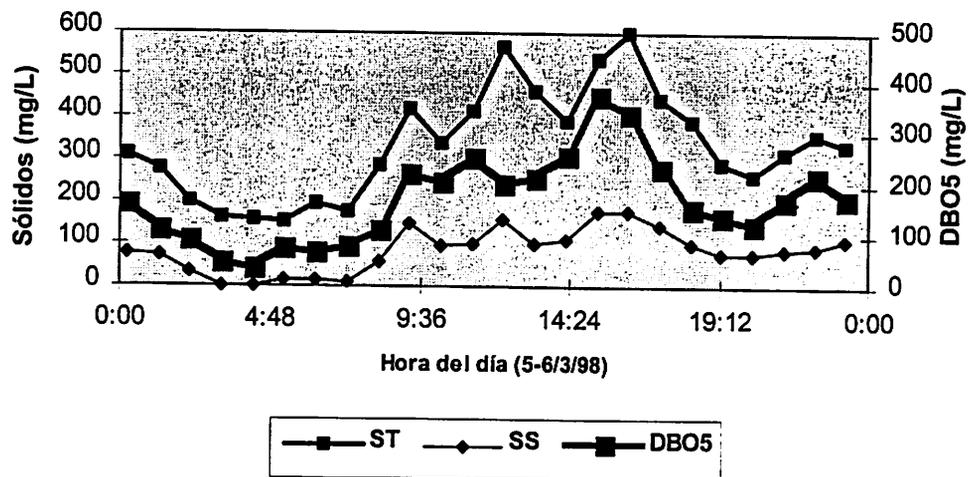


Figura 7.- Valores de DBO₅, SS y ST

Finalmente, se presenta la caracterización de un suceso de tormenta (RAU) que produjo un lavado de la ciudad, provocando que las concentraciones de SS, metales pesados e hidrocarburos aumentasen de una forma significativa.

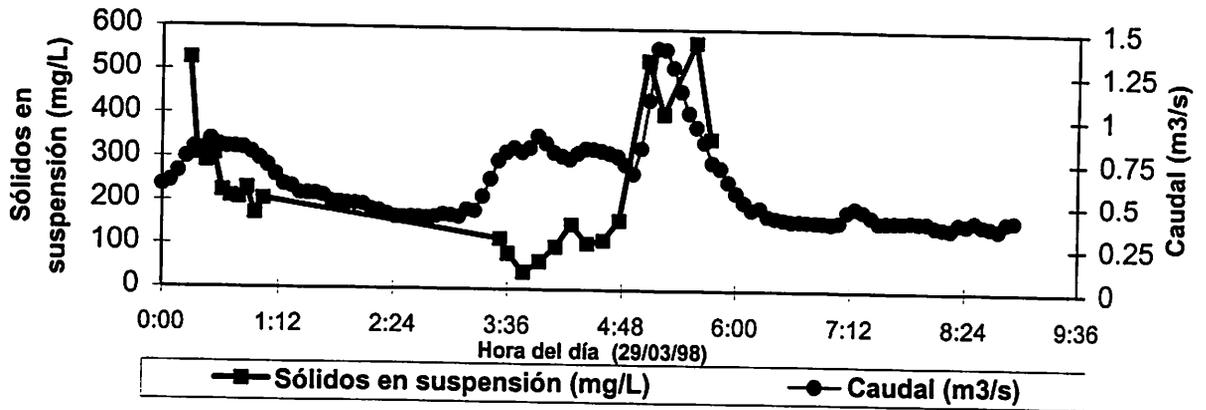
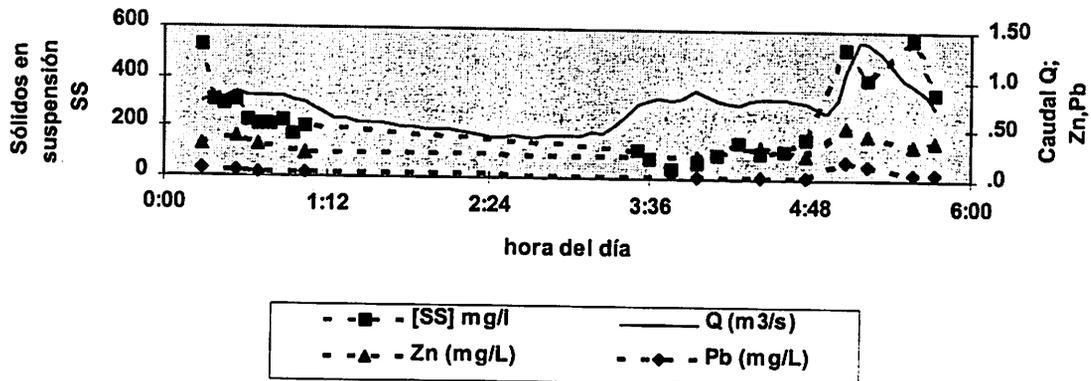


Figura 8.- R.A.U. caracterizado.

Los dos siguientes gráficos se corresponden con el suceso del gráfico anterior, y expresan la evolución de los metales pesados.

Lavado de "El Ensanche" (29/3/98)



CONCLUSIONES

- Los reboses de alcantarillado unitario (RAU) durante sucesos de tormenta suponen un grave deterioro para la calidad de las aguas del medio receptor por su elevada carga contaminante.
- La visión parcial que se preocupaba exclusivamente de la conducción de las aguas residuales hasta el medio receptor, debe ser superada y empezar a hablar de sistemas integrales de saneamiento que tengan en cuenta las interrelaciones entre los diferentes elementos del sistema "RÍO-EDAR-RED-CLIMA".
- La metodología expuesta es generalista y aplicable a cualquier cuenca hidrográfica, aunque hay que resaltar que los estudios se han de particularizar para cada caso debido a la gran variabilidad de los datos de campo.
- La capacidad de lavado de la ciudad durante un suceso de tormenta depende de varios factores, pero esencialmente de la duración del tiempo seco precedente y de la intensidad de lluvia del aguacero.

- Tal y como se puede observar de los resultados presentados, la mayor parte de la contaminación de superficie (DBO, metales, hidrocarburos, etc.) va unida a la fracción particulada de los sólidos (SS).

BIBLIOGRAFÍA

CAGIAO, J; DIAZ-FIERROS, F; SUÁREZ, J; PUERTAS,J; (1998); “A numerical and experimental model of an urban catchment in the north of Spain: parameter fitting and an analysis of its behaviour”; UDM’98, London, UK, IAWQ, IAHR, UNESCO.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL NORTE DE ESPAÑA; (1995); “Metodología de estudio de los saneamientos litorales”; Oviedo, diciembre de 1995; 200 páginas.

ELLIS, J.B.; (1991); “Measures for control and treatment of urban runoff quality”; Rep. DT3PL/FV/JB; Agence de léau Seine-Normandie.

HORNER, R.R.; et al.; (1994); “Fundamentals of Urban Runnoff management: Technics and Institutional Issues.; Terrene Inst.; USEPA; Washington D.C.

MALGRAT, P.; (1995); “Panorámica general de la escorrentía de aguas pluviales como fuente de contaminación. Actuaciones posibles”; “Calidad de aguas e impacto en medios receptores por vertidos procedentes de drenajes urbanos y agrícolas”; Workshop Benicassim, 28 Nov. 1 Dic..

MOFFA, P.E.; (1990); “Control and treatment of combined sewer overflows”Environmental Engineering Series; Van Nostrand Reinhold; ISBN 0-442-26491-7; Nueva York, 229 págs.

NOVOTNY, V; WITTE,V.W.; (1997); “Ascertaining aquatic ecological risks of urban stormwater discharges”; Water Res. 31, 10; 2573-2585.

SHUELER, T.R.; (1993); “Stormwater pond and wetland options for stormwater quality control”; National Conference on Urban Runoff Management: Enhancing Urban Watershed Management at the Local County, and State Levels; Seminar Publication; March 30 to April 2, Chicago, Illinois; EPA/625/R-95/003.

SUÁREZ, J.; TEMPRANO, J.; JIMÉNEZ, R.; TEJERO, I; (1995); “Depuración de aguas residuales urbanas en tiempo de lluvia. Panorámica general”; “Calidad de aguas e impacto en medios receptores por vertidos procedentes de drenajes urbanos y agrícolas”; Workshop Benicassim, 28 Nov. 1 Dic..

VALIRON, F.; TABUCHI, J.P.; (1992); “Maitrise de la pollution urbaine par temps de pluie. État de l’art.”; AGH-TM; Tec-doc; París, ISBN 2-85206-863-X.