

INFLUENCIA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS SOBRE LA INFILTRACIÓN DE AGUAS PARÁSITAS EN LA RED DE SANEAMIENTO DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

DÍAZ-FIERROS T., F.*; SUAREZ, J.**; PUERTA, J.**; DÍAZ-FIERROS V., F.*

(*)Facultade de Farmacia. Universidade de Santiago

(**)E.T.S.E. Caminos. Universidade de A Coruña

RESUMEN

Durante los años hidrológicos 1996-97, 1997-98 y 1998-99 se realizó el control de los diferentes términos que intervienen en el balance hídrico de la cuenca urbana de Santiago de Compostela (100.000 habitantes y 9,4 Km² con un 45% de área impermeable). Los resultados de este balance muestran para el período de estudio los siguientes valores a escala anual y en Hm³: Precipitación, 6,4 , Evapotranspiración, 1,3, Abastecimiento, 10,4, agua tratada en la EDAR, 19,8 y reboses en la EDAR, 9,4.

Se asume que el ajuste de entradas y salidas al sistema urbano se equilibra por la infiltración de aguas parásitas en la red cuyo volumen alcanza los 13,4 Hm³ anuales. La evolución estacional de las entradas de aguas parásitas sigue la misma tendencia que la estimada para la recarga de aguas subterráneas por el método de Thornthwaite-Matter.

Palabras Clave: *hidrología urbana, reboses de RAU, aguas parásitas.*

INTRODUCCIÓN

Diferentes autores VALIRON & TABUCCI (1992), MARSALEK *et al*, (1993) consideran que es prácticamente imposible que las redes de saneamiento de aguas residuales sean totalmente estancas por lo que resulta inevitable que se produzcan intercambios de agua entre la red y el exterior. En estos intercambios, que pueden ser tanto de entrada como de salida de agua, en general suelen predominar los procesos de infiltración de agua durante la estación húmeda del año generando un exceso de flujo en las conducciones conocido habitualmente, por los autores franceses, como "aguas parásitas". HOGLAND (1986) en el balance hídrico que realizó de la ciudad sueca de Lund estimó el incremento de aguas residuales por estos procesos en un 39%. Estas entradas de aguas que proceden habitualmente de las aguas subterráneas por ascenso del nivel freático hasta la altura de las conducciones, tienen un nivel de calidad muy diferente al de las aguas residuales por lo que al mezclarse con ellas pueden alterar sustancialmente las previsiones de diseño establecidas para construir las estaciones depuradoras.

El método empleado para evaluar la magnitud de estas aguas parásitas es normalmente de tipo indirecto y toma como base el establecimiento de los diferentes flujos que intervienen en el

balance hídrico de una ciudad. Es , por lo tanto, complejo y costoso y no son frecuentes sus referencias en la bibliografía.

La ciudad de Santiago de Compostela con una red de saneamiento antigua y construida en diferentes etapas con técnicas muy diversas presenta de forma notoria este proceso de infiltración, que a su vez se encuentra influenciado positivamente por la abundante red de manantiales que aparecen en su subsuelo. De hecho existen algunos sótanos de las partes bajas de la ciudad (p.e. Praza Roxa) que deben bombear agua al sistema de saneamiento para prevenir su inundación. SUAREZ *et al.* (1998) en un estudio preliminar sobre estos procesos evaluaban su magnitud en un 52 % del conjunto de las aguas residuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Red de saneamiento

El sistema es de tipo unitario en su mayor parte (solo la zona de Fontiñas tiene separada la red de pluviales de las fecales) pudiéndose diferenciar la cuenca urbana en dos zonas, una con urbanización cerrada (80% de superficie impermeable) de 3,9 km² y otra de urbanización abierta (20% de superficie impermeable) de 5,5 Km². La red de colectores-interceptores principales tiene forma de “Y” y discurre paralela a los ríos Sar y Sarela recibiendo los colectores de menor orden que recogen las aguas pluviales y fecales de la ciudad de Santiago de las dos vertientes principales en las que se puede dividir la red. Estas dos vertientes de la cuenca urbana se encuentran separadas por un interfluvio que sigue aproximadamente el eje que define la rúa del Preguntoiro.

Geología e hidrogeología

Los materiales que constituyen el substrato geológico de la cuenca urbana de Santiago están orientados en bandas de dirección aproximadamente N-NW a S-SE en las que alternan de sur a norte: esquistos cuarcíticos de Grupo de Laxe, granito de dos micas de grano medio a grueso, esquistos y paragneis del Complejo de Noia y ortogneis biotítico (Figura 1). Las características hidrogeológicas de estos materiales de acuerdo con el ITGE-XUNTA DE GALICIA (1991) se podrían subdividir en dos grandes grupos: granitos y ortogneis, con permeabilidad media y unos recursos unitarios de 100-200 l/m² y esquistos y anfibolitas, de permeabilidad baja y recursos unitarios inferiores a 50 l/m². En las dos vertientes en las que se divide la cuenca urbana afloran diferentes manantiales hoy aprovechados como fuentes en la ciudad de Santiago y que se forman en las zonas de contacto y en las pequeñas vaguadas que existen en las dos vertientes, en el primer caso serían aguas de origen más profundo mientras que en las otras sería esencialmente de tipo subsuperficial. El caudal de estos manantiales, utilizado hoy para complementar el abastecimiento de agua a Santiago, oscila desde los 120.000 l/hora en estío a los 500.000 l/hora en invierno. El antiguo manantial, del que se abastecía de agua a Santiago, nace en un contacto granito-esquistos en la cuenca alta del Sarela y tiene un caudal medio de 140.000 l/hora.

Climatología

El estudio se desarrolló desde el mes de octubre de 1995 al de marzo de 1999 midiéndose la lluvia en intervalos de 10 minutos, así como la temperatura, la radiación solar con un piranómetro de célula de silicio que fue calibrado con un radiómetro tipo Kipp-Zonen, humedad del aire y recorrido del viento a 2 m. de altura. La estación climatológica estaba instalada en la parcela del Instituto de Investigaciones Agrobiológicas del C.S.I.C. situado en el Campus Sur de la Universidad de Santiago.

Hidrología urbana

El consumo de agua en Santiago así como las entradas en la EDAR fueron facilitados para el período de estudio por la empresa AQUAGEST. Como el sistema de saneamiento unitario presenta abundantes reboses en las épocas húmedas, al sobrepasarse el caudal de diseño de la estación depuradora, en el colector por donde estos son aliviados fue instalado un sistema de medida de flujo del tipo área-velocidad a partir de medidas de nivel por ultrasonidos y de velocidad por el efecto Doppler.

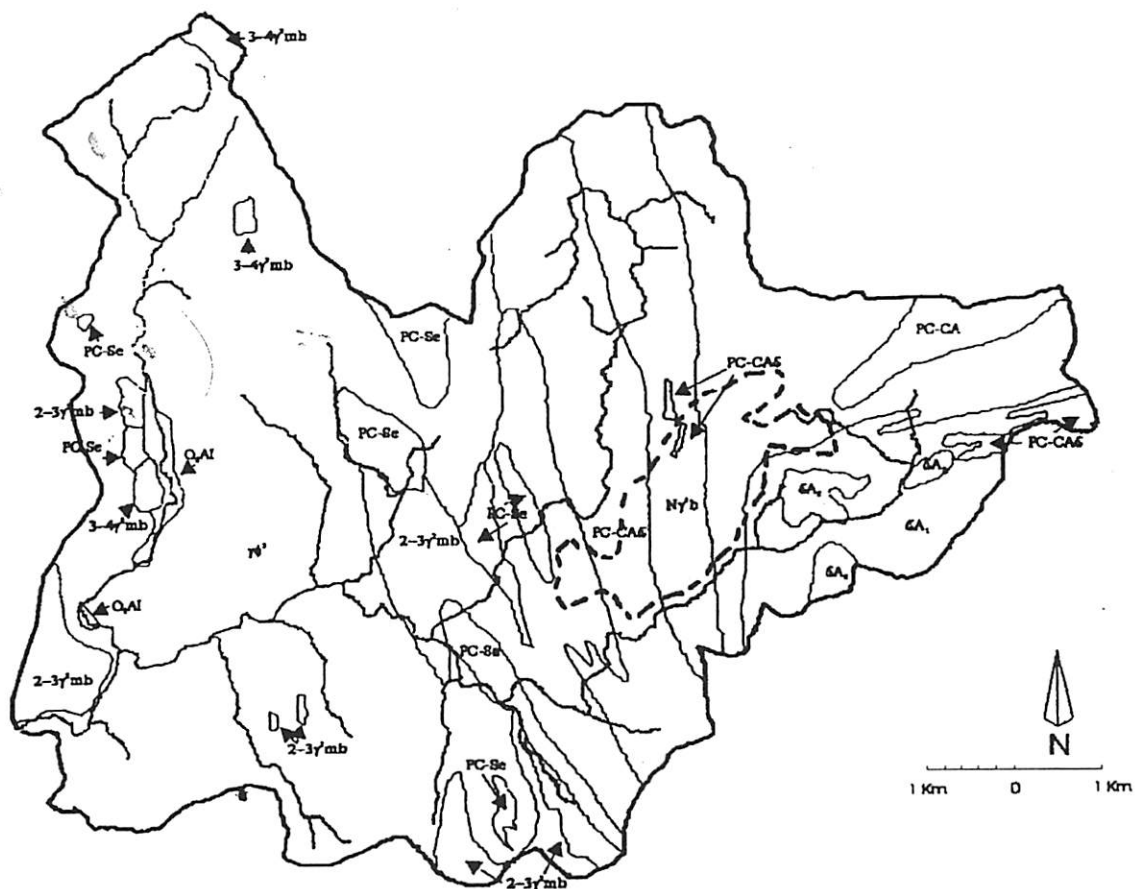


Figura 1. Mapa geológico de la cuenca alta del río Sar. La cuenca urbana de Santiago está indicada con línea rayada (-----).

RESULTADOS

Para determinar los diferentes términos del balance hídrico urbano se eligió el período de tiempo de 10 días. Diferentes ensayos previos utilizando períodos de 1 y 30 días mostraron que, el primero, era excesivamente detallado y que las relaciones que se pudieran establecer entre los términos del balance eran muy poco claras o inexistentes, mientras que, el segundo, era demasiado generalizador y poco transparente para determinados fenómenos con tiempos de respuesta más cortos como eran, en general, los generados por las escorrentías urbanas. Este período de tiempo decenal tiene una cierta tradición en los estudios de climatología agrícola (TURC, 1961) y puede resultar una buena solución de compromiso para el estudio de fenómenos muy complejos que integran procesos de respuesta rápida como pueden ser los derivados de las escorrentías urbanas con otros de respuesta mucho más lenta, como serían los de la hidrología subterránea.

Entradas de agua al sistema urbano

Por una parte fueron contabilizados los consumos de agua de la ciudad de Santiago facilitados por la Estación de Tratamiento de Aguas Potables de la empresa municipal concesionaria AQUAGEST durante el período de estudio y por otro las precipitaciones diarias a las que se les sustrajo las pérdidas por evaporación. Para el cálculo de la evaporación se tuvo en cuenta la ETP de los días con lluvia, determinada por el método de PENMAN (SMITH, 1990) más la que se producía al día siguiente del final de la secuencia lluviosa.

Salidas de agua del sistema urbano

Se tuvieron en cuenta los datos diarios de entrada en la EDAR facilitados por AQUAGEST y los determinados por nosotros en el mismo período en la tubería de alivios de la Estación Depuradora. En situaciones de lluvias excepcionales el colector principal de entrada a la EDAR, que discurre paralelo al río Sar, tiene un sistema de alivios en serie que no fueron contabilizados. De todas formas, diferentes estimaciones evaluaron estos alivios extremos en menos de un 10% del total de las aguas residuales generadas. Por otra parte, diferentes problemas técnicos en el sistema de medida interrumpieron la adquisición de datos en diferentes ocasiones, de todas formas el importante volumen de datos restantes permitió mantener una serie de suficiente longitud, como para que sus valores sean perfectamente representativos.

El balance hídrico resultante se presenta en la Figura 2. Como se puede apreciar claramente las salidas de agua superan siempre a las entradas, siendo tanto mayor esta diferencia cuanto más lluvioso es el período. Esto indica que en el sistema urbano existen unas entradas que no fueron contabilizadas por los términos anteriores. El origen más probable de esta diferencia, que supera en varios períodos los $0,5 \text{ Hm}^3$ por decena, debería de estar en las aguas subterráneas que entran en la red de alcantarillado. Las denominadas "aguas parásitas" por los autores franceses y que en este caso concreto totalizarían $13,4 \text{ hm}^3$ anuales (Tabla I), lo que supondría el 46% de las

aguas residuales. Al no existir un control de la evolución de las aguas subterráneas durante el período de estudio, una forma aproximada de hacerlo, podría ser a partir de la estimación de la recarga mediante datos climatológicos. Entre la recarga de agua del sistema subterráneo y la respuesta en las subidas de nivel de los acuíferos debe existir un cierto desfase temporal que será tanto más importante cuanto mayor sean las reservas de agua subterránea.

Lluvia efectiva (P -ETP).....	6.4 - 1.3 = 5.1
Abastecimiento ETAP	10.4
ENTRADAS	15.5
Entradas EDAR	19.8
Reboses EDAR.....	9.1
SALIDAS	28.9
BALANCE (Aguas parásitas)	-13.4

Tabla I . Términos del balance hídrico urbano de Santiago de Compostela (en hm³)

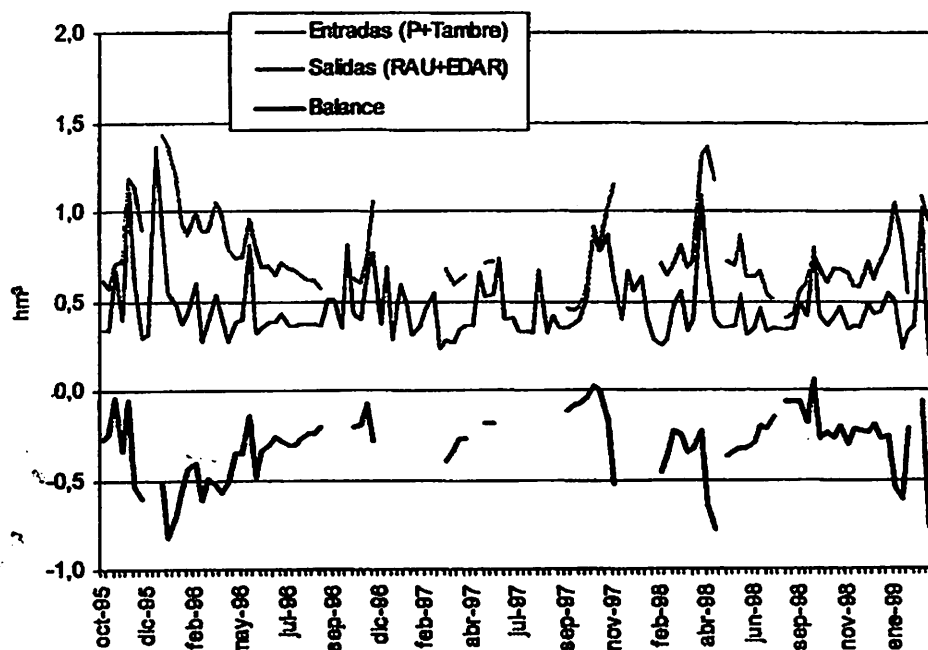


Figura 2. Flujos de entradas y salidas (en hm³ por cada 10 días) de la cuenca urbana y balance hídrico resultante.

Para calcular la recarga se utilizó el método de THORNTHWAITE-MATTER (1955) tal como lo emplea con este objetivo STEENHUIS (1986) con la única diferencia de que en este caso se emplea la escala decenal. Los resultados de este balance frente a los deducidos del anterior balance urbano se presentan en la Figura 3. Como se puede apreciar existe una buena correspondencia entre los dos balances lo que serviría para apoyar la hipótesis de que uno es consecuencia del otro. Únicamente se aprecia un pequeño desfase, en torno a los 15 días, que ya estaba previsto por el tiempo de retraso en la respuesta hidrogeológica de los acuíferos de la zona.

Un futuro tema de estudio sería la modelización de estos procesos, analizando la interrelación del sistema urbano, con tiempos de respuesta muy rápidos y circunscrito a las áreas impermeables, y el sistema natural de las aguas subterráneas, con tiempos de respuesta más lentos y con un área de recarga mucho mayor.

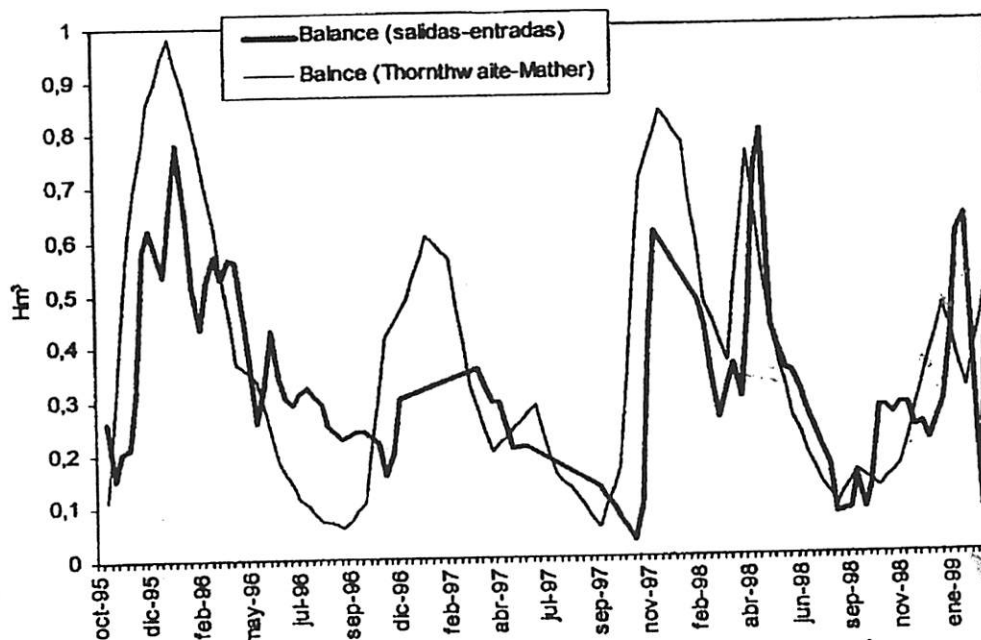


Figura 3.- Balance de agua calculado por la diferencia entre entradas y salidas en la cuenca urbana y por el método de Thornthwaite-Mather

Este trabajo se realizó dentro del Proyecto CICYT: AMB95-0997-C01 y con la ayuda de los datos de la Empresa AQUAGEST S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- HOGLAND, W. (1986) *Rural and Water Budgets. A description and Characterization of Different Parts of Water Budgets with special Emphasis on Combined Sewer Overflow*. Diss. Doct. Department of Water Resources Engineering. Lund University. Lund (Sweden)
- I.T.G.E.- XUNTA DE GALICIA. (1991) *Estudio de recursos de Agua Subterránea de Galicia.. Plan Hidrológico*. Santiago de Compostela.
- MARSALEK, J. BARNELL, T.O., GEIGER, W., GROTTKER, M. HUBER, W.C. SAUL, A.J. SCHILLING, W. TORNO, H.C. (1993) *Urban drainage systems: design and operations*. Wat. Sci. Tech., 27,12: 31-70
- SMITH, M. (1990). *Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements*. FAO. Roma.
- STEENHUIS, T.S. y VAN DER MOLEN, W.H. (1986). *The Thornthwaite-Matter procedure as a simple engineering method to predict recharge*. Jour. Hydrology, 84 : 221-229.

- SUAREZ, J. PUERTAS, J. JACOME, A. DIAZ-FIERROS T.F., DIAZ-FIERROS V.F. (1998) *Reboses del alcantarillado unitario en Santiago de Compostela. Su incidencia en la calidad del agua del río Sar.* *Tecnol. Agua*, 182: 33-45.
- TURC, L. (1961). *Evaluation des besoins en eau d'irrigation. Evapotranspiration potentielle.* *Ann. Agron.*, 12: 13-25.
- VALIRON, F., TABUCHI, J.P. (1992). *Maitrise de la pollution urbaine par temps de pluie. Etat de l'art.* AGM-TM. Tech-Doc. Paris.