

## XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

### “EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE DRENAJES FRENTE A EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTRAORDINARIOS”

*J. Daniel Bacchiega(1), M. Cecilia Lopardo(2), H. Daniel Barrionuevo(3), Ignacio Marmonti(4)*

(1) (2) (3) (4) INA, Ezeiza, Au Ezeiza –Cañuelas km 1.6, 011-4480-4500, dbacchiega@gmail.com

#### RESUMEN

La mayoría de las ciudades poseen sistemas de drenaje urbano que les permite afrontar eventos de precipitación de baja recurrencia. Generalmente los desagües son diseñados para 2 años de recurrencia y verificados para 5 o, en el mejor de los casos, diseñados para 5 años de recurrencia y verificados para 10 años. En los últimos años han ocurrido eventos extremos sobre ciudades de relativa importancia, generando inundaciones catastróficas en sectores muy amplios, incluso en zonas donde no se contaba con registros de anegamientos. En la zona denominada pampa húmeda, en la República Argentina, estos eventos extremos vienen sucediéndose con relativa frecuencia en diferentes sectores y ciudades, con importantes pérdidas económicas y de vidas humanas. Tales son los casos, entre otros, de las ciudades Pergamino, San Antonio de Areco, Azul, la propia Capital Federal y, más recientemente, la ciudad de La Plata. Esta última, en abril del año 2013 sufrió un evento de precipitación extraordinario a partir del cual se vio afectada más de la tercera parte del casco urbano. Se plantea, en este artículo, a partir de modelaciones matemáticas realizadas en el casco urbano de la ciudad de La Plata, el bajo nivel de respuesta de los desagües urbanos ante eventos de magnitudes importantes, en cuanto al área de afectación se refiere y a su tiempo de permanencia.

**Palabras claves:** Sistemas de drenaje, eventos extraordinarios.

#### ABSTRACT

Most cities have urban drainage systems that enables them to cope with low rainfall events recurrence. Drains are usually designed to recurrence of 2 years and proven to 5 or, in the best of cases, designed to 5 year recurrence and verified for 10 years. In recent years, extreme events have occurred at relatively important cities, causing catastrophic flooding in wide areas, even in areas where there were no records of flooding. In the area called pampas in Argentina, these extreme events have been happening quite often in different sectors and cities, with economic and human lives losses. Such is the case, among others, of the cities of Pergamino, San Antonio de Areco, Azul, Capital Federal and, more recently, the city of La Plata. La Plata, in April 2013 suffered an extraordinary precipitation event from which affected more than a third of the town. We propose, in this article from mathematical models made in the urban area of the city of La Plata, the low level of urban runoff response to important events, in terms of area affected and the time referred permanence. It has been observed that urban drainage have been inefficient at such a magnitude of precipitation due to the recurrence for which they were designed. We also observed the low profile it shows the level of waterproofing that occurs in urban centers, from building complex growth when rainfall gain levels as happened recently in that city. Under inefficient drainage systems with extraordinary events, the need to propose other measures, particularly nonstructural risks to mitigate and prevent the loss of human lives.

**Key words:** Drainage system, extraordinary events.

#### SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

**Autor 1:** Ingeniero Hidráulico y Civil de la Universidad Nacional de La Plata, Profesor de grado del área Hidráulica Básica, Profesor de Posgrado en la maestría sobre Hidráulica Urbana de la UBA, Profesor de Posgrado en la carrera de especialización de AySA sobre Hidráulica Sanitaria. Especialista en diseño y optimización de Obras Hidráulicas y en Hidráulica Urbana.

## INTRODUCCIÓN

Los centros urbanos poseen sistemas de drenaje compuesto por diferentes elementos: conductos, canales, estaciones de bombeo entre otros. Generalmente estos sistemas se encuentran diseñados para recurrencias de 2 y 5 años, pudiendo llegar a 10 años para ciudades de mayor envergadura, desarrollo urbano y concentración poblacional, tal como Capital Federal.

En la pampa húmeda de la República Argentina se observa el incremento de eventos extremos de importante magnitud que han afectado, muchas veces en forma catastrófica, a distintos centros urbanos. Ante estos eventos los conductos de desagüe resultan ineficientes. Por otro lado, se ha observado que la impermeabilización de las cuencas posee una importancia relativa debido a que la infiltración posee una capacidad máxima muy inferior a la precipitación producida por este tipo de eventos.

A raíz de que las medidas estructurales resultan poco eficaces ante eventos extremos es que surge la necesidad de considerar medidas no estructurales tendientes a mitigar particularmente el riesgo de pérdida de vidas humanas.

En la siguiente figura se puede observar algunas ciudades de la denominada pampa húmeda de la República Argentina, en las cuales en los últimos 15 años se han registrado eventos de una magnitud que han generado cuantiosas pérdidas materiales y pérdidas de vidas humanas.

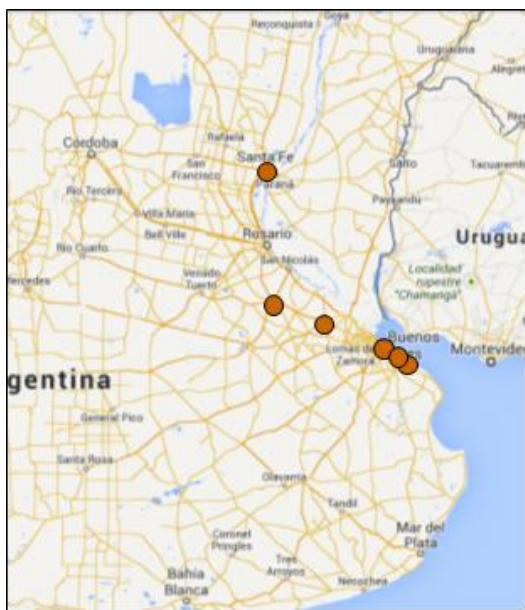


Figura 1. Localización ciudades inundadas

En el presente trabajo se describen, a modo de ejemplo, los procesos de inundación registrados en distintas ciudades, haciendo hincapié en la inundación ocurrida en la ciudad de La Plata el día 2 de abril de 2013 y los eventos registrados en ciudades como Pergamino, San Antonio de Areco y Capital Federal que permiten ilustrar esta temática.

El análisis de las tormentas que dieron origen a esos procesos determina que fueron eventos de una elevada recurrencia. A esta conclusión se arriba si se consideran los registros históricos de cada una de estas ciudades, sin considerar la ocurrencia de eventos en zonas cercanas. En efecto, esta afirmación resulta relativa si se considera que en un radio de 300 Km en el entorno de la Capital Federal se registraron en los últimos 15 años diferentes eventos que superaron en forma individual, los 100 años de recurrencia.

Este concepto debe ser considerado al momento de designar la probabilidad efectiva de cada evento de tormenta crítica.

## CASOS DE ESTUDIO

Se han analizado diferentes cuencas asociadas a ciudades que poseen una elevada concentración de población, a los fines de evaluar sus condiciones de vulnerabilidad e interpretar el fenómeno que ocurre en las mismas con la finalidad de que se puedan conformar mapas de riesgo que sean de utilidad a la población.

Se han evaluado las condiciones de vulnerabilidad de las ciudades de Santa Fe, La Plata, Pergamino, San Antonio de Areco, Salto, Arrecifes, Capital Federal y diferentes localidades del conurbano bonaerense.

Se ha observado que como factor común, todas estas ciudades mencionadas, se encuentran ubicadas a la veda de arroyos y ríos ocupando las planicies de expansión de los mismos. Algunas de ellas, perdiendo noción de la existencia de los mismos a partir de la existencia del entubamiento de los cursos naturales.

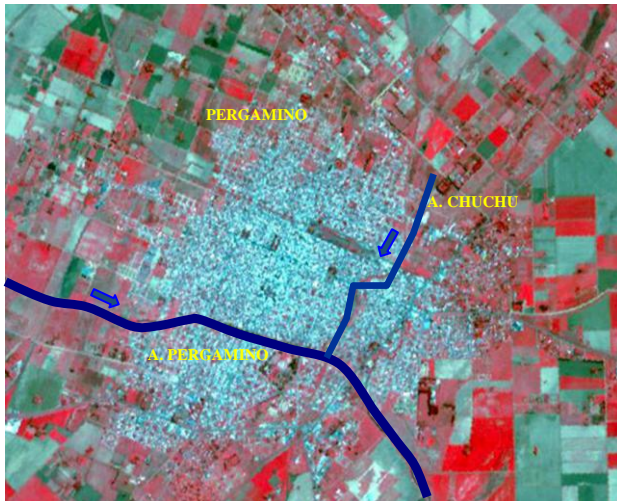
Las condiciones de vulnerabilidad de cada centro urbano tiene su origen en la conformación geomorfológica que determina la forma en que indudablemente se desarrollarán los procesos inundantes. Si bien el desarrollo urbano produce cambios al escurrimiento de los excedentes, en

eventos de cierta magnitud, éstos tenderán a concentrarse en los valles de inundación de los cursos subyacentes. Esto determina que un adecuado análisis de la geomorfológico de base permitirá determinar un lineamiento básico de cómo se producirán las inundaciones.

En las siguientes figuras se observa la ubicación de algunas de estas ciudades respecto de los cursos de agua.



**Figura 2. Santa Fe**



**Figura 2. Pergamino**



**Figura 3. La Plata**

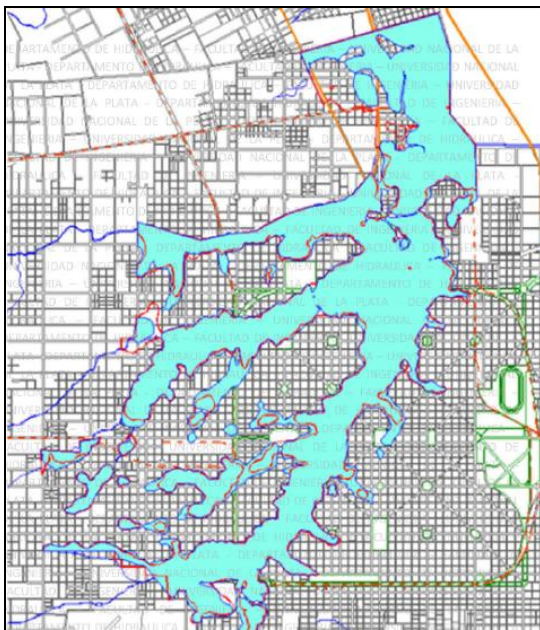
Tal como se señaló, la vulnerabilidad básica de cada centro se encuentra asociada a su ubicación relativa respecto de cauces y valles de inundación. Un estimación de estos aspectos básicos dará lugar aun primer análisis de vulnerabilidad. Sin embargo, y más allá de esta primera estimación, la utilización de modelos matemáticos que simulen, en forma conjunta, el sistema de calles y el sistema de conductos existentes permite cuantificar áreas de afectación en forma más precisa. Para ello es importante contar con software que permiten el modelado de la doble red y resuelvan las ecuaciones completas de Saint Venant, pudiendo analizar los escurrimientos impermanentes de conductos y canales funcionando a superficie libre y/o a presión.

Generalmente, se asocia como causas principales, a este tipo de inundaciones, la impermeabilidad de las cuencas debido a la urbanización y a la falta de sistemas de drenaje que evacuen los excedentes hídricos. Sin embargo, a partir de los análisis realizados mediante las modelaciones matemáticas efectuadas para las diferentes ciudades, se ha podido observar que estos factores no influyen en la magnitud de la inundación.

Así por ejemplo, el proceso de interrupción de la infiltración resulta determinante cuando las precipitaciones caídas no superan por ejemplo los 100 mm. Para precipitaciones mayores, el nivel de infiltración no varía en demasía, comenzándose a hacer más relevantes los excedentes que quedan en superficie y que finalmente producen la inundación.

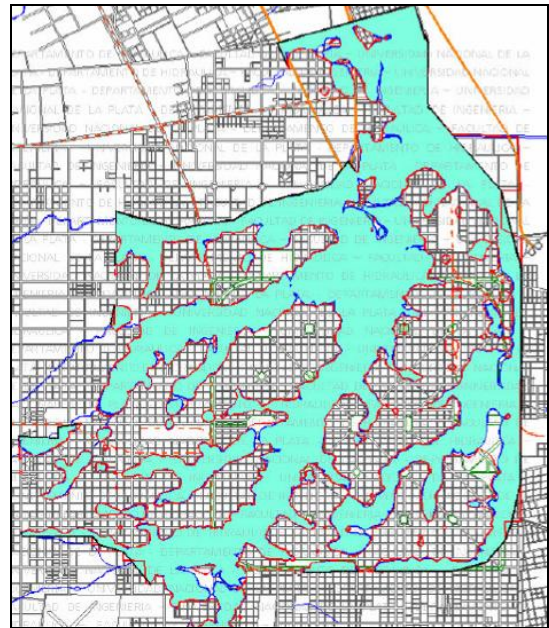
Por otro lado, se ha evaluado la capacidad de conducción de los desagües pluviales. En general este tipo de obras se diseñan para períodos de retorno de entre 2 y 5 años, como excepción, algunas ciudades como Capital Federal adoptan valores de 10 años de recurrencia. Es decir, que eventos de magnitudes extraordinarias que pudieran llegar a recurrencias mayores de 100 años no pueden ser evacuadas por esas conducciones. Otra de las causas que normalmente se menciona para justificar las consecuencias de estos eventos de precipitación es la obturación de los sumideros, cuestión que en eventos de estas magnitudes deja de tener importancia debido a la poca capacidad de las conducciones en sí, esto ha sido probado mediante modelación matemática.

Así por ejemplo, en la siguiente figura se puede observar el área de afectación para la ciudad de La Plata en el evento del día 2 de abril de 2013.



**Figura 4. Área de afectación La Plata – 2/4/13**

En la siguiente figura se puede apreciar el área de afectación obtenida de la modelación matemática considerando la obturación de la totalidad de los sumideros. En la misma se puede apreciar que no existe diferencia apreciable respecto del área de afectación con los sistemas de desagües funcionando con normalidad.



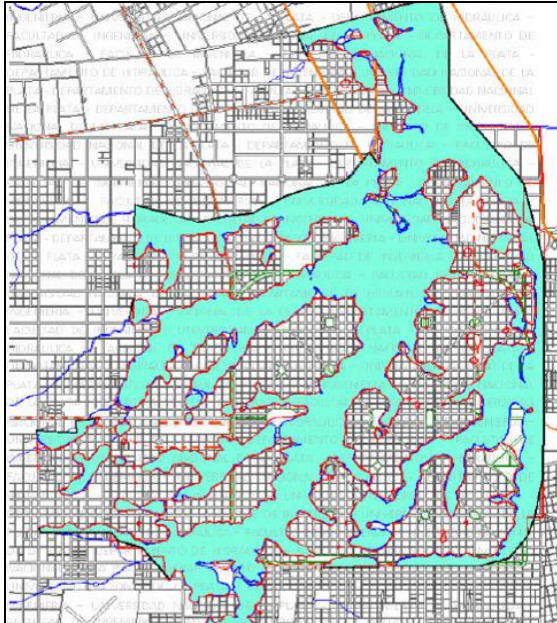
**Figura 4. Área de afectación La Plata – simulación sumideros tapados – Evento 2/4/13**

Como se mencionara anteriormente, la capacidad de infiltración del suelo es finita. Depende de las características físicas del mismo pero para la región pampeana se encuentra en el orden de los 30 mm. El excedente precipitado se convertirá entonces en escurrimiento superficial susceptible de anegar las zonas urbanas.

A partir de este razonamiento se probó, en diferentes estudios realizados con modelación matemática, la alternativa de disponer manzanas enteramente “verdes”, es decir, que se sacaron todas las edificaciones. Sólo se dejaron las calles como elementos antrópicos impermeables, poniendo las manzanas como zonas totalmente permeables.

A partir de esta modelación se ha comprobado, por ejemplo, que en la ciudad de la Plata se registra una disminución de los niveles de anegamiento que no supera los 0.2 m, por lo que la superficie total afectada se ve sólo levemente disminuida.

En la siguiente figura se puede apreciar el área de afectación resultante del escenario en el cual todas las manzanas de la ciudad conforman espacios verdes.



**Figura 5. Área de afectación La Plata – simulación manzanas totalmente permeables – Evento 2/4/13**

## CONCLUSIONES

De los diferentes casos de estudio analizados se pueden sacar los siguientes factores comunes que, a modo de conclusión, dan marco a la necesidad de desarrollar visiones más integrales para el análisis de los problemas urbanos generados por las inundaciones:

- En muchas ciudades existen redes de drenajes que permiten controlar sólo eventos de lluvia de frecuencia normal, pero que resulta insuficientes frente a eventos extremos.
- Existe una percepción social que centra las causas de las inundaciones en la falta de obras o en su mala ejecución, no tomando en cuenta los riesgos que existen a partir que

los centros urbanos se desarrollen en los valles de inundación de los ríos. La falta de conciencia y conocimiento de esta problemática hace aún más vulnerable a la población.

- Ante la ejecución de obras de drenaje o de defensa (conductos, terraplenes, estaciones de bombeo, entre otras) la población adquiere rápidamente una falsa sensación de seguridad que impide comprender que las mismas poseen un límite de resguardo a partir del cual pueden ser sobrepasadas generando anegamientos de mayor envergadura a la no existencia de las mismas.
- No existen sistemas de alerta ni planes de contingencia que permite la evacuación de la gente hacia lugares seguros.
- La población no se encuentra educada para responder de manera correcta ante este tipo de catástrofes.

Las circunstancias antes mencionadas determinan que, aún con la existencia de numerosos elementos que conforman parcialmente mecanismos de protección, la mayor parte de las poblaciones analizadas no cuentan con un plan de protección que minimice adecuadamente las consecuencias de eventos extremos.

Solo la progresiva educación y concientización de la población, el abordaje integral de la problemática, la consideración de las cuencas como unidades físicas y no políticas, así como la implementación de un adecuado conjunto de medidas no estructurales y estructurales, permitirá en el futuro delinear planes de protección integral que minimicen, al menos, los riesgos de pérdidas de vidas humanas.

