

# ESTUDIOS HIDROLÓGICOS – HIDRÁULICOS – AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL ARROYO DEL GATO

Romanazzi, Pablo G.  
Urbiztondo, Arturo J.

Laboratorio de Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP  
Calle 47 N° 200, Piso 1, Oficina 6, La Plata – Tel. 0221-427-5223  
[promanazzi@ing.unlp.edu.ar](mailto:promanazzi@ing.unlp.edu.ar)

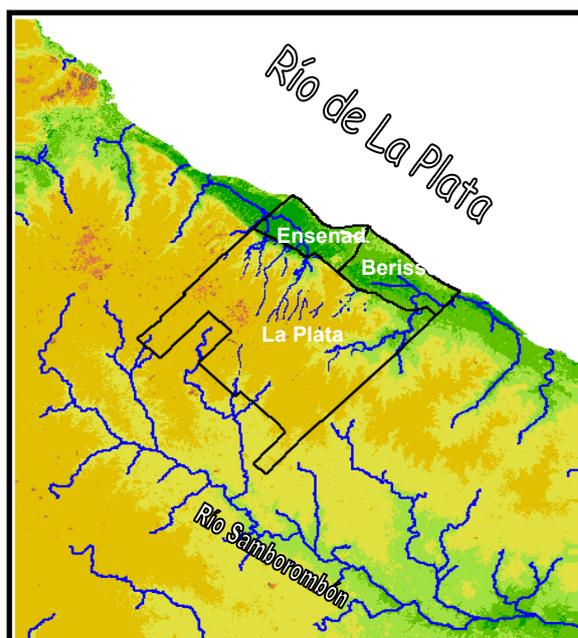
Inundaciones urbanas, Desagües, Simulación Hidrodinámica

## INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo es fruto del Convenio de cooperación vigente entre la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Municipalidad de La Plata (MLP). En el marco de dicho convenio, las asistencias técnicas e investigaciones a desarrollar se acuerdan con las Facultades de la UNLP a través de programas específicos. En julio de 2003 se puso en marcha el “Programa de Estudios y Asistencia Técnica para el Desarrollo de Soluciones Tecnológicas en Obras de Infraestructura Hidráulica del Partido de La Plata”, cuya estructura se moduló como sigue: M1 – Cuenca del arroyo del Gato (12.412 Ha); M2 – Cuenca del arroyo Maldonado (3.560 Ha); M3 – Cuencas de los arroyos Don Carlos y Rodríguez (5.430 Ha); M4 – Cuencas de los arroyos Martín y Carnaval (8.140 Ha).

Como se muestra en la Figura 1, las cuencas seleccionadas para realizar el programa de estudios se encuentran situadas entre dos grandes ríos: el Río de La Plata, receptor natural de las mismas; y el Río Samborombón que se desarrolla en sentido NO-SE con descarga final en la bahía homónima. Entre estas dos condiciones de borde, los arroyos que nacen en el sector SO del partido de La Plata se desarrollan sobre una llanura continental de suave pendiente y una planicie deprimida de pendiente escasa o nula en el sector próximo a su descarga en el estuario. Ambas situaciones se encuentran vinculadas por un escalón abrupto que define perfectamente una sección de control entre ambos regímenes de escurrimiento.

El primer módulo fue entonces denominado “Estudios Hidrológicos, Hidráulicos y Ambientales de la Cuenca del Arroyo del Gato”. Su objetivo principal fue proporcionar una herramienta de evaluación y seguimiento del sistema de evacuación pluvial de la cuenca del arroyo del Gato cuando la misma se ve sometida a precipitaciones pluviales de mediana y gran intensidad. El primer orden de ejecución se justifica entonces dada la trascendencia de los problemas generados por las precipitaciones intensas en esta zona, la cual comprende a la mayor parte de la superficie del casco urbano y, por ende, la que alberga a la mayoría de la población platense.

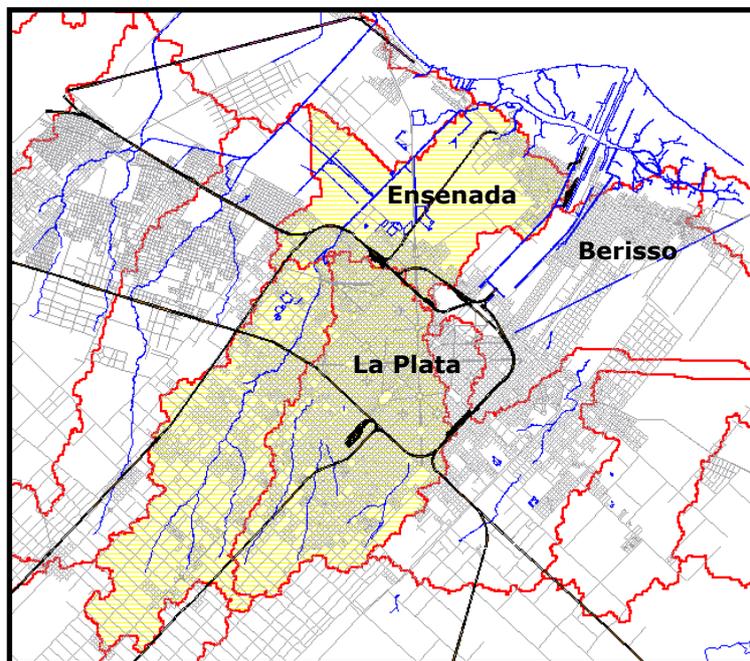


**Figura 1:** Red hídrica regional en el Gran La Plata).

En efecto, la cuenca del arroyo del Gato, con una superficie total de 12.412 Ha (ver Figura 2)., es la de mayor importancia en la región por varios motivos. Su cauce principal es el cuerpo receptor de los desagües pluviales del casco urbano de la ciudad de La Plata, siendo los arroyos “Pérez” y “del Regimiento” sus afluentes más importantes. Posee una longitud aproximada de 25 Km., desde las primeras manifestaciones de sus nacientes hasta su desembocadura en el Río de la Plata.

En el área de esta cuenca se desarrolla una intensa actividad económica y social, con sectores rurales y urbanos con un alto valor productivo, comercial, industrial y recreativo. En la cuenca alta predomina el uso fruti-hortícola intensivo, siendo la cuenca media la de mayor densidad poblacional, industrial y comercial. A lo largo de su recorrido se pueden observar las descargas pluviales, cloacales e industriales que vuelcan sobre el curso principal, situación que se agrava por los asentamientos poblacionales precarios que se encuentran en algunos sectores de su planicie de inundación. En el área de influencia descrita, ante la ocurrencia de eventos extremos de precipitación, los vecinos y todas las actividades que allí se desarrollan padecen las consecuencias de inundaciones frecuentes de calles y edificaciones en zonas bajas aledañas a los cursos o sus entubamientos. Se estima que en esta cuenca habitan en la actualidad unas 400.000 personas, con un porcentaje de urbanización de alrededor del 50 %.

Las intensas precipitaciones ocurridas en enero del año 2002, pusieron en situación de grave colapso el sistema de desagües, generando la consiguiente preocupación de la comunidad y del Municipio ante la probable repetición de un evento similar o mayor. Aún más, sin llegar a considerar esa situación extrema se comprobó, en varias oportunidades, que el sistema actual presenta deficiencias en la evacuación aún con lluvias de menor intensidad, por lo que se hizo necesario encarar un estudio exhaustivo que detectara las principales causas de tales deficiencias.



**Figura 2:** Cuenca del Arroyo del Gato delimitada con información SRTM.

## **METODOLOGÍA APLICADA**

Este primer módulo de trabajo se dividió en tres etapas, a saber: 1) analizar los antecedentes disponibles y diagnosticar la situación actual; 2) realizar estudios básicos que contribuyan al conocimiento integral de la cuenca; 3) identificar medidas de desarrollo y proponer acciones concretas

Durante la ejecución de los trabajos y una vez evaluada la información disponible, se planteó la necesidad de incorporar tareas adicionales no previstas en el Plan de Trabajos originalmente acordado por las partes. Por un lado, se advirtió que sólo se contaba con un 50% de los datos plani-altimétricos de la cuenca y, por otro, se concluyó que los datos meteorológicos específicos para la simulación pretendida eran insuficientes. En consecuencia, se procedió a realizar las siguientes tareas adicionales de relevamiento:

- Apertura de más de 100 cámaras de registro para inspeccionar el estado y verificar dimensiones de los conductos principales.
- Verificación de sentidos de escurrimiento en calles, relevamiento de sumideros, cunetas, tipos de pavimentos, cordones y cambios de pendientes. Altimetría faltante en las zonas residenciales contiguas al casco urbano.
- Relevamiento planialtimétrico de las secciones transversales del cauce principal del arroyo del Gato desde calle 143 hasta el final de su canalización.
- Relevamiento de características geométricas e hidráulicas de todos los puentes ubicados en el tramo mencionado en el punto anterior, con ejecución de un mínimo de cuatro perfiles transversales cercanos a cada emplazamiento.
- Altimetría y posicionamiento planimétrico en coordenadas planas Gauss-Krüger por medio de levantamiento GPS de adecuada precisión y control.

Estas tareas se desarrollaron durante el año 2004 y principios del año 2005, cuando complementariamente se decidió avanzar no sólo con el diseño sino también con la instalación de estaciones pluviográficas formando una red de observación de tormentas única en la región ya que, hasta ese momento (en noviembre de 2005 se instaló la última estación) sólo se contaba con los registros puntuales de la estación que posee la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP en el Paseo del Bosque local.

La concreción de la red llevó a evolucionar también en el conocimiento del sistema a través del modelo matemático de la cuenca, pudiendo validar resultados con eventos registrados en su variable principal: las tormentas severas. Luego de contar como mínimo con un par de ciclos hidrológicos observados (ago 2005 – ago 2007), se arribó a las conclusiones y recomendaciones a las autoridades municipales que reunió toda la experiencia alcanzada en 48 meses de labor ininterrumpida. De esta forma, se dejó al municipio una metodología concreta para la toma de decisiones en la planificación futura del desagüe pluvial platense, dado que ésta es aplicable al resto de las cuencas del partido. Lamentablemente gestiones futuras no dieron continuidad a los trabajos en los otros módulos previstos pero el Laboratorio de Hidrología sigue operando la red de pluviógrafos desarrollada, contribuyendo así a la estadística de eventos extremos de precipitación.

## **TAREA EXPERIMENTAL DESARROLLADA**

Se realizó una tarea inicial de recopilación y procesamiento de la información planialtimétrica existente del cauce y del sistema pluvial.

A efectos de complementar la información disponible se hicieron relevamientos planialtimétricos en la zona suburbana y rural mediante el empleo de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y a través de relevamientos de perfiles en el cauce mediante métodos de nivelación tradicionales (nivelación trigonométrica con estación total). Asimismo se procedió al relevamiento y verificación de los componentes subterráneos y superficiales del sistema de desagüe.

Se efectuó un análisis estadístico de precipitaciones intensas a los efectos de seleccionar las leyes de Intensidad-Duración-Recurrencia más apropiadas para su utilización en este estudio. Con la información obtenida se procedió a la modelación

hidrodinámica del sistema de desagües mediante la aplicación del programa SWMM, herramienta universal y de libre acceso para la simulación del desagüe pluvial. A partir del análisis de los resultados de la modelación se pudo proponer una serie de acciones de tipo estructural y no estructural que permitirían obtener mejoras sustantivas en el comportamiento de las zonas más críticas del sistema como así también planificar la ampliación del mismo.



**Foto 1:** Vistas varias del relevamiento de campo realizado en la cuenca del A° del Gato.

## **SIMULACIÓN MATEMÁTICA**

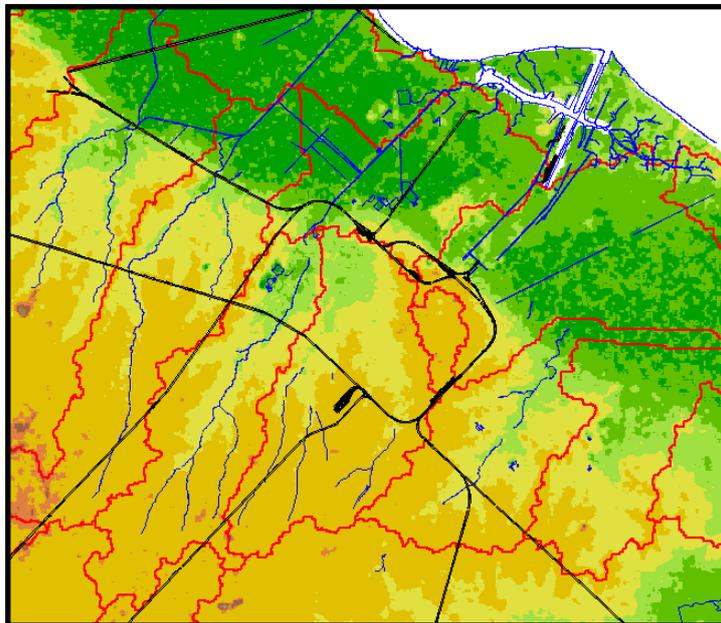
El conocimiento acabado de los escurrimientos superficiales, la capacidad de captación y otros detalles necesarios para validar un modelo matemático requiere de datos muy concretos que sólo pueden ser obtenidos del recorrido en campaña por el total de la cuenca. Es fundamental poder determinar los límites propios de la cuenca, la observación directa de hechos significativos como conducciones y obras de arte, o determinar las pendientes naturales del terreno.

Sólo se dispuso de datos del casco de la ciudad, los cuales en muchos casos habían sufrido cambios, principalmente en el caso de cunetas que fueron modificadas o de sumideros reconstruidos y/o ampliados. Con respecto a la red subterránea de conducciones, los modelos matemáticos necesitan medidas concretas de ubicación, cotas, tapadas y dimensiones.

Con relación al sistema de escurrimiento superficial, un requerimiento fundamental para la modelación matemática consiste en el conocimiento de las características físicas del cauce principal del arroyo a través de sus perfiles transversales y obras de arte más importantes. Se puso inmediatamente en evidencia la necesidad de progresar en el conocimiento de la geometría del cauce y de las planicies de inundación del arroyo del Gato, con el objetivo de poder modelar situaciones extremas del desagüe y observar la influencia de las obras de arte existentes (puentes, pasarelas y algunas alcantarillas en las nacientes) sobre el escurrimiento general. Compartido este criterio con las autoridades municipales, se firmaron dos actas de acuerdo en las cuales se plasmaron los trabajos a realizar, algunos de ellos en conjunto con el personal de la Dirección de Hidráulica Municipal.

La recopilación de información efectuada en el municipio y de otras fuentes consultadas, dio como resultado que aproximadamente el 50% de la cuenca global carecía de datos altimétricos y el 75 % de información confiable. Además su representación planimétrica se encontraba desactualizada. Se pudo aprovechar un conjunto de datos dispersos de diferentes planes de pavimentación, pero los mismos requirieron su verificación, toda vez que se trataba de información de proyecto y no según obra.

Evaluada la información disponible y la faltante se procedió a la realización de tareas de campo ya mencionadas que comprendieron relevamientos planialtimétricos y el relevamiento superficial y subterráneo de la red de desagües con el fin de alcanzar un conocimiento acabado del comportamiento hidráulico de la misma en su estado actual. La tarea de recolección de datos faltantes y otros tendientes al ajuste del modelo se llevó a cabo mediante la integración de equipos de trabajo independientes que trabajaron en forma simultánea. La información recopilada y relevada, tal como tipos de sumideros, ubicación de cunetas, sentido de los escurrimientos superficiales y características de los conductos, se volcó en una base de datos digital.



**Figura 3:** Mapa topográfico de la cuenca del Arroyo del Gato (SRTM + GPS).

En la Figura 3 puede apreciarse la diferencia notable de la situación topográfica prácticamente dividida por la Diagonal 74. En efecto, al oeste de esta diagonal principal se desarrollan las depresiones de los cauces del Arroyo del Regimiento y del Arroyo Pérez, que ni la urbanización ni la pavimentación de las calles pudo borrar.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En base a los estudios realizados se pudo constatar que el sistema actual de evacuación de excedentes pluviales en la cuenca del arroyo del Gato se presenta insuficiente aún para tormentas frecuentes de baja magnitud.

Para este tipo de tormentas, ya se puede advertir que la mayor parte de las conducciones funcionan a presión y, en muchos sectores, esto provoca que la energía de la corriente supere en cota al terreno natural, con la consecuente presencia de volúmenes de agua circulando por las calles. Naturalmente, tal condición se ve agravada para tormentas de mayor magnitud.

Esta situación de insuficiencia generalizada se debe a las siguientes causas:

- El desarrollo urbano y la pavimentación progresiva de calles y construcción de veredas, ha determinado un aumento del coeficiente de impermeabilidad y del coeficiente de escorrentía de la cuenca. Esta afirmación es global e histórica ya que se refiere a la superación del diseño original del sistema pluvial platense desde su época fundacional.
- La progresiva modificación de las conducciones y el aumento de la impermeabilización de la cuenca concluyen en una disminución de los tiempos de concentración con el consecuente aumento del caudal de pico. Este es un efecto permanentemente constatado en todas las urbanizaciones del planeta, y su magnitud aumenta cuando no se acompaña el desarrollo de las mismas con una adecuada componente de desagüe.
- Las redes de evacuación pluvial fueron proyectadas con leyes de lluvia que determinan menores intensidades para las mismas frecuencias y duraciones que las que resultan de las leyes determinadas en el presente estudio. En efecto, a partir de un análisis exhaustivo de las tormentas intensas registradas en la estación meteorológica de Villa Ortúzar del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se ha comprobado esta diferencia que no tiene otro motivo que el mayor conocimiento adquirido del comportamiento de estos eventos a partir de registros más prolongados que los disponibles en el siglo pasado.
- En los últimos años se han observado tormentas intensas con mayor frecuencia que en el récord histórico considerado para la definición de las leyes de lluvia utilizadas para el diseño del sistema. Este proceso no puede todavía asegurarse que se deba a un cambio permanente; desde el punto de vista del comportamiento probabilístico de estos eventos, esta sucesión es posible toda vez que para el diseño se adoptan valores promedios de ocurrencia y no valores puntuales. No obstante, esta repetición de eventos puede servir a la consideración de un plan de manejo de la emergencia con mayor veracidad que la de adoptar hipótesis arbitrarias de combinación de tormentas severas.
- El crecimiento de los conductos troncales no ha acompañado al crecimiento urbano de la ciudad, como sí lo ha hecho en extensión la red secundaria de desagües pluviales. Esto determina una situación de colapso para las pocas salidas que presenta el sistema de evacuación actual.
- Adicionalmente a lo anterior, cabe considerar que muchas de las tormentas que han provocado problemas en los últimos años se han dado con condiciones muy elevadas de humedad antecedente de los suelos. En dichos casos la proporción de la precipitación que se infiltra disminuye y consecuentemente aumenta la proporción del volumen precipitado que escurre superficialmente. Este aspecto no fue tenido en cuenta en las pautas empleadas para el diseño original de las redes de desagües. Esta posibilidad de considerar como variable a la "humedad antecedente" sólo ha sido posible con razonable precisión en las últimas décadas, de la mano de nuevas metodologías y de un mayor volumen de eventos observados que permiten su validación.

Así, los efectos que se han verificado en el funcionamiento de los desagües son los siguientes:

- Para tormentas que pueden producirse en promedio una vez cada dos años, resulta notoria la transferencia de volúmenes de agua de un sistema a otro a través de escurrimientos por calles, lo cual genera un efecto negativo adicional en el troncal primario que sigue la calle 11 hasta su encuentro con el curso principal del arroyo del Gato.
- Para poder garantizar un buen funcionamiento del sistema (aún para tormentas como las indicadas en el párrafo anterior o de mayor magnitud) se requieren obras de gran envergadura y costo, que deberán ser evaluadas cuidadosamente en cuanto a su relación costo-beneficio.
- En las descargas de los sistemas de desagüe que posee la ciudad de La Plata, se observa un pico máximo inicial que se atenúa suavemente y en forma bastante más abrupta a partir de un cierto lapso de tiempo, coincidente con el comienzo del funcionamiento del conducto a sección llena y el consiguiente aumento de su perímetro mojado.

A partir de estas consideraciones, el estudio de las propuestas preliminares de intervención se orientó a desarrollar las siguientes ideas:

- Como primera medida encarar la ampliación de la capacidad de conducción del curso del arroyo, fundamentalmente desde la Avda. 19 hasta su desembocadura. Es de esperar que en el futuro aumenten los picos de los caudales erogados y, por lo tanto, que la capacidad del arroyo, que hoy es insuficiente para eventos de recurrencia media, resulte más insuficiente aún. Toda intervención que se realice con el objeto de aumentar la capacidad de descarga será positiva. Es de esperar que el revestimiento del tramo inferior del arroyo mejorará las condiciones de escurrimiento con una baja en los niveles de la superficie libre, mejorando también el comportamiento de los conductos que descargan en este destinatario natural.
- En segunda instancia, concretar la ampliación de conductos troncales existentes y la construcción de nuevos conductos principales.
- Una vez completadas estas medidas, podrán ampliarse los conductos secundarios y terciarios que se manifiesten insuficientes.

Resulta de fundamental importancia que el orden enunciado anteriormente sea rigurosamente respetado ya que, en caso contrario, se estarían trasladando problemas de un lugar a otro, sin obtenerse el resultado claramente positivo que se busca.

Otra medida está relacionada con la posibilidad de aprovechar una mayor expansión de la conducción en la zona de bañados aledaña al Canal del Gato en el municipio de Ensenada, dados los beneficios que se obtendrían en comparación con los bajos costos de los trabajos requeridos.

El crecimiento urbano de la cuenca alta debe afrontarse con la construcción de conductos bajo las grandes avenidas – 137, 143 ó 149 – y evitar de esta forma el traslado de las aguas hacia el casco fundacional. Siguen siendo los cursos del Arroyo del Regimiento y los afluentes del Pérez los principales emisarios que deberán ser cuidados y tratados de modo de evitar asentamientos futuros, debiéndose preservar las zonas aledañas de expansión natural de sus aguas. Aún suprimiendo los ingresos de las aguas exteriores al perímetro de la ciudad, seguirán existiendo problemas o falencias en la red existente que deberán ser resueltos con nuevas obras.

## Bibliografía

- [1] Caamaño Nelly, G., et al.; ***“Lluvias de Diseño: conceptos, técnicas y experiencias”***, Ed. Científica Universitaria, Córdoba, 2003.
- [2] Cabral, M.; ***“Geomorfología del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires”***. IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (Capítulo Argentina). Puerto Iguazú, Misiones, 2000.
- [3] Dingman, S. L.; ***“Physical Hydrology”***, Prentice Hall, 2a Ed., New Jersey, 2002.
- [4] Estrela, T., ***“Modelos matemáticos para la evaluación de recursos hídricos”***, CEDEX, Madrid, 1992.
- [5] LABORATORIO DE HIDROLOGÍA, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata; ***“Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato, 1º Etapa”***, Acuerdo UNLP – MLP, informes parciales y final, La Plata, Argentina, 2004-2007.
- [6] Romanazzi, P. et al.; ***“Estudios Hidrológicos/Hidráulicos/Ambientales en la Cuenca del Arroyo del Gato”***, XX Congreso Nacional del Agua, Mendoza, Argentina, 2005.
- [7] Romanazzi, P. et al.; ***“Simulación de sistemas duales de desagüe pluvial con el programa SWMM”***, XXI Congreso Nacional del Agua, Tucumán, Argentina, 2007.
- [8] Varela, L., Laurencena, P., Kruse, E., Deluchi, M. y Rojo, A.; ***“Reconocimiento de la relación aguas superficiales - aguas subterráneas en el Arroyo del Gato, Provincia de Buenos Aires, Argentina”***.
- [9] Viessman, W. y Lewis, G., ***“Introduction to Hydrology”***, 5a Ed., Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- [10] World Meteorological Organization; ***“Guide to Hydrological Practices”***, WMO – No. 168, 15ª Ed., 1994.