



# Predicción de inundaciones y sistemas de alerta: Avances usando datos a tiempo real en la cuenca del arroyo del Azul

## Flood forecasting and warning systems: Progress using real-time data in the Azul Creek watershed

Cazenave, Georgina ✉ - Vives, Luis

Recibido: 19 de diciembre de 2014 • Aceptado: 30 de diciembre de 2014

### Resumen

*La predicción de crecidas con modelos numéricos es un elemento vital en aquellas localidades que sufren inundaciones recurrentes. Además de las limitaciones propias de los modelos, se encuentran inconvenientes para obtener datos de precipitación confiables y con resoluciones espacio-temporales adecuadas para realizar el pronóstico. La ciudad de Azul (provincia de Buenos Aires) cuenta con un modelo de predicción hidrológica, calibrado y validado a partir de datos tomados de la red de monitoreo tradicional instalada por el Instituto de Hidrología de Llanuras, que permite realizar el pronóstico a partir de datos horarios de lluvia. Hasta el año 2005, cuando se instala la red de alerta de inundaciones, los pronósticos de crecidas se realizaban con datos provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y por establecimientos agropecuarios distribuidos en la cuenca (a los que se les asociaba una distribución de precipitación similar a la del SMN). En este trabajo se presenta la comparación de pronósticos calculados a partir de datos aislados con los calculados con hietogramas de la red de alerta temprana. También se describe la metodología de trabajo empleada en los eventos del 2012 que produjeron inundaciones del casco urbano de Azul, los primeros eventos de importancia registrados por la red.*

**Palabras Clave:** pronóstico, alerta, inundaciones.

### Abstract

*Flood forecasting using numerical models is invaluable for cities where flooding is a recurrent event. In addition to the inherent limitations of the models, the lack of reliable precipitation data available a fine spatial and temporal scales suitable for forecasting constitutes a roadblock. The city of Azul (Buenos Aires Province) is equipped with a hydrologic prediction model that has been calibrated and validated with precipitation data from a monitoring network setup by the Instituto de Hidrología de Llanuras, which allows flood*

1. Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (IHLLA). República de Italia 780, Azul, Argentina.

✉ cazenave@faa.unicen.edu.ar

forecasting using hourly rainfall. Until the year 2005, when the early warning network is put in place, flood forecasting was generated with observations provided by the Servicio Meteorológico Nacional (SMN) and by agriculture farms located in the basin (which adopted the same distribution than the SMN data). This study compares flood forecasts using precipitation from isolated rain gauges to the ones computed with hyetograph from the early warning network. The methods used to simulate the 2012 extreme events, the first ones registered by the network, that flooded the city of Azul are also presented.

**Keywords:** forecast, early warning, flooding.

## INTRODUCCIÓN

La información necesaria para suministrar predicciones y alertas puede ser muy similar a la requerida para evaluar los recursos hídricos (por ejemplo intensidad de la precipitación, niveles de agua, etc.), pero los requisitos específicos son muy diferentes. Para la predicción se requiere sobre todo que la información sea oportuna, fácil de comprender y exacta, de manera que se puedan tomar decisiones rápidas y con toda seguridad; en cambio para evaluar recursos hídricos tiene más importancia la constante recopilación de datos o la conformidad con métodos científicos de muestreo.

Las redes de monitoreo hidrológico responden a necesidades específicas del organismo que las instala. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene estaciones de medición que registran en forma permanente, y si bien las actualizaciones de los datos de lluvia son cada tres horas, la representatividad espacial de la lectura no siempre es adecuada para la escala de trabajo requerida. Por ello el Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff" (IHLLA) ha instalado pluviógrafos y limnógrafos a fin de recolectar datos de lluvia y niveles que permitan ajustar modelos hidrológicos de predicción de crecidas.

Sin embargo, dependiendo de la heterogeneidad del evento la información recolectada era insuficiente. Por ello en 2005 se instala la red de alerta temprana de inundaciones que permitió tener la distribución y lluvia total en seis puntos distribuidos en la cuenca alta a tiempo real. Esta información sirvió para alimentar los modelos de pronóstico de crecidas con datos espacial y temporalmente mejor distribuidos y mejorar los hidrogramas calculados de predicción.

Además de la mejora en el pronóstico numérico, el registro de los niveles en distintas secciones de la cuenca permitió seguir y comprender la respuesta de la cuenca a medida que los escurrimientos superficiales se van encauzando y sumando hacia la salida de la cuenca.

Todo este conjunto de datos resulta valioso y acompaña a la información de pronóstico meteorológico, imágenes satelitales a tiempo real e imágenes radar actualizadas suministradas por el SMN. Todo esto es evaluado por un equipo donde se encuentran representados las autoridades, comunicadores y técnicos del gobierno municipal, técnicos del IHLLA y técnicos del SMN. Con la valoración del equipo técnico que interpreta la información real y el resultado de los pronósticos, meteorológico e hidrológico, se elaboran los informes de seguimiento del alerta que luego las autoridades y comunicadores transmiten a la población por los diferentes medios de comunicación a fin de establecer el alerta o cese de la misma.

## METODOLOGÍA

### Área de estudio

El área de estudio corresponde a la cuenca superior del arroyo del Azul, ubicada en la región central de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). La superficie de aporte es de 1150 km<sup>2</sup>, su pendiente media es de 1%, mientras que su altitud máxima es de 360 metros sobre el nivel del mar (msnm) y la mínima de 135 msnm. Sus principales tributarios son el arroyo Videla (136 km<sup>2</sup>) y el arroyo Santa Catalina (138 km<sup>2</sup>).

El límite de cuenca al sur, a 60 km de la ciudad de Azul, está definido por el extremo Oeste del sistema de Tandilia. El relieve de suaves sierras se transforma en un área de suaves ondulaciones en la parte media para luego transformarse en llanura en la parte baja. La subcuenca del arroyo Santa Catalina tiene características similares mientras que la del arroyo Videla es una cuenca típica de relieve con pendientes importantes.

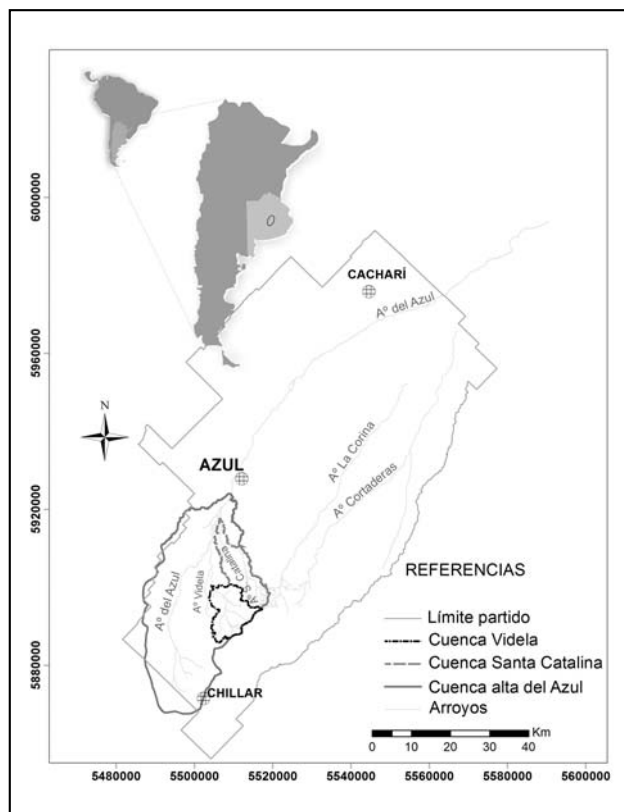


Figura 1. Ubicación de la cuenca del arroyo del Azul. Detalle de la cuenca superior con sus tributarios, subcuencas del arroyo Videla y arroyo Santa Catalina.

La alternancia de ciclos de excesos y déficits hídricos en la llanura Pampeana ya fue citado por *Ameghino (1884)* y se observan los problemas asociados a estas condiciones de manera recurrente en la zona. En los ciclos húmedos las frecuentes e intensas precipitaciones, saturan el suelo y ponen en riesgo de inundación a la población de la ciudad de Azul (45000 habitantes, censo 2011 del INDEC), cuyo ejido urbano tiene una gran superficie ocupando el valle de inundación del arroyo homónimo.

La actividad económica dominante en el área es la agronómica, con baja presencia de ganadería, debido al avance de la frontera agrícola que favorece las producciones extensivas de cultivos como soja, trigo, maíz y girasol.

La combinación de estos escenarios, agricultura y serranías cercanas, ponen a la ciudad de Azul en una situación de alto riesgo de inundación en caso de eventos de alta intensidad, si éstos se dan en épocas de excedentes hídricos y/o baja cobertura vegetal. El arroyo cuyo caudal medio es de alrededor  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  pasa en 24 a 48 horas a transportar más de  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ , ocupando grandes áreas a ambos lados de su traza.

### Red de monitoreo hidrometeorológico

El IHLLA cuenta con una red de monitoreo de variables meteorológicas, de aguas superficiales y aguas subterráneas distribuidas en toda la cuenca del Azul. En la cuenca superior tiene limnímetros, pluviómetros, piezómetros y freatógrafos.

La sección de control, estación Seminario, a la salida de la cuenca (aguas arriba de la ciudad de Azul) cuenta con un limnógrafo de registro automático y una relación de altura caudal (h-Q) que permite medir los volúmenes escurridos. Además, hay instalados dos limnógrafos con sus correspondientes curvas h-Q en los arroyos tributarios Santa Catalina y Videla.

También se poseen registros de lluvias de establecimientos agropecuarios que miden la lluvia diaria o mensual, según el interés particular de cada caso. Esta información recolectada permitía tener una valoración espacial del total precipitado durante un evento, y con la información de los pluviógrafos y la

del SMN ponderar la distribución temporal de la lluvia. En caso de alerta de inundaciones estos establecimientos miden sólo durante el día y son comunicados telefónicamente.

La red de piezómetros consta de 42 puntos de muestreo someros (6-10 m), 20 piezómetros de 30 m y 2 profundos de 100 m y 150 m. Se encuentran distribuidos en toda la cuenca del Azul (Figura 2) y se muestrea semestralmente (para niveles altos y bajos del acuífero) calidad de agua y nivel piezométrico del acuífero a diferentes profundidades. En 7 de los piezómetros someros se colocaron freatógrafos de registro continuo (horario), 2 de los cuales se encuentran emplazados en la cuenca alta del arroyo del Azul. Conocer la variabilidad de los niveles freáticos permite valorar la capacidad de la cuenca para recibir agua desde la superficie y el riesgo de anegamiento asociado en caso de excesos hídricos.

### Red de alerta temprana de inundaciones

Las inundaciones recurrentes de la ciudad de Azul, la falta de información de los eventos y su evolución temporal, junto a la presión de la población por encontrar una solución, permitió al IHLLA y a la Municipalidad de Azul buscar alternativas para la adquisición de una red de alerta temprana de inundaciones. El IHLLA participó técnicamente en la elaboración del proyecto y búsqueda de tecnología que cubran las necesidades de información meteorológica y limnográfica a fin de poder alertar a la población en caso de inundación.

Así se adquiere en 2005 una red telemétrica de 6 estaciones hidrometeorológicas (Figura 3), distribuidas en la cuenca superior del Azul. Ésta permite cuantificar los aportes de precipitación en las zonas de cabecera del Azul, Santa Catalina y Videla, y la evolución de niveles del arroyo del Azul y sus afluentes. La red cuenta con dos unidades centrales de control, una en el IHLLA y otra en la Municipalidad de Azul (Figura 4), que reciben la información cada 20 minutos a través de una repetidora ubicada en Cerro del Águila.

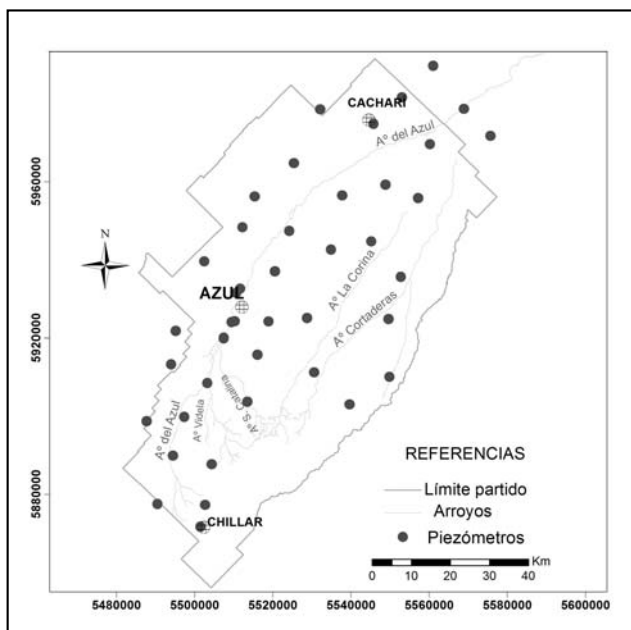


Figura 2. Red de piezómetros del IHLLA.

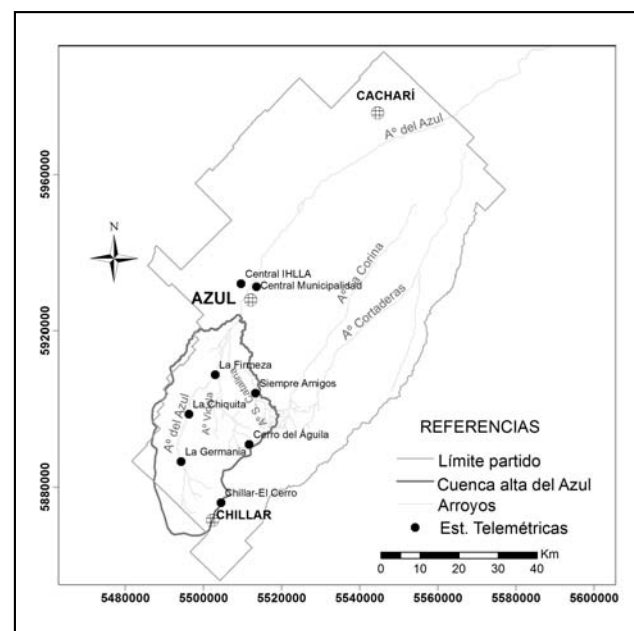


Figura 3. Cuenca superior del arroyo del Azul, ubicación de estaciones telemétricas y sus centrales, y las secciones limnográficas.



Figura 4. Estaciones telemétricas y unidad central de control de la red de alerta temprana de inundaciones de la ciudad de Azul.

La comunicación de las centrales con las estaciones es a través de un sistema de radio VHS propietario, que permite tener independencia de otros sistemas de comunicación que pueden fallar o colapsar en casos de emergencia.

La robustez de los equipos y el mantenimiento permanente tanto de las estaciones como de las centrales, permiten asegurar la recepción continua en el tiempo de datos altamente confiables.

### Modelo de pronóstico de crecidas

Se utilizó el programa HEC-HMS (versión 3.0.1) del Hydrologic Engineering Center para la modelación matemática de la cuenca del arroyo del Azul. La modelación en áreas de llanura presenta inconvenientes cuando se trata de la aplicación de métodos tradicionales de traslado en cauce como onda cinemática o Muskingum-Cunge. Las hipótesis de aplicación no se cumplen cuando se traslada una onda de crecida por cauces que presentan una pendiente muy pequeña, como ocurre en la cuenca superior del arroyo del Azul. En este caso se implementa a partir de la información existente en distintas secciones de control el método de Puls modificado. Este método trabaja considerando al tramo de ruteo como una serie de reservorios en cascada en los cuales el agua pasa de una a otra.

El funcionamiento de los reservorios calcula el traslado de la onda de crecida a partir de la relación almacenamiento-caudal. Como se tienen las relaciones h-Q observadas en cada sección de control, se calibró un programa LDM (Villanueva, 1995) para un tramo de arroyo en el cual se verificara la h-Q observada. Calibrado el funcionamiento hidrodinámico del tramo se pudo relacionar para cada altura en la sección un volumen almacenado y un caudal estimado.

Las pérdidas por infiltración y abstracciones de lluvia se calculan mediante el método del Número de Curva (CN) del Service Conservation Soil del U.S.D.A. (1985).

A partir de la información registrada en la estación del SMN, los datos de lluvia total tomados en los establecimientos y mediciones de niveles, se obtiene una calibración aceptable del modelo (Figura 5) con el cual se representan los eventos en

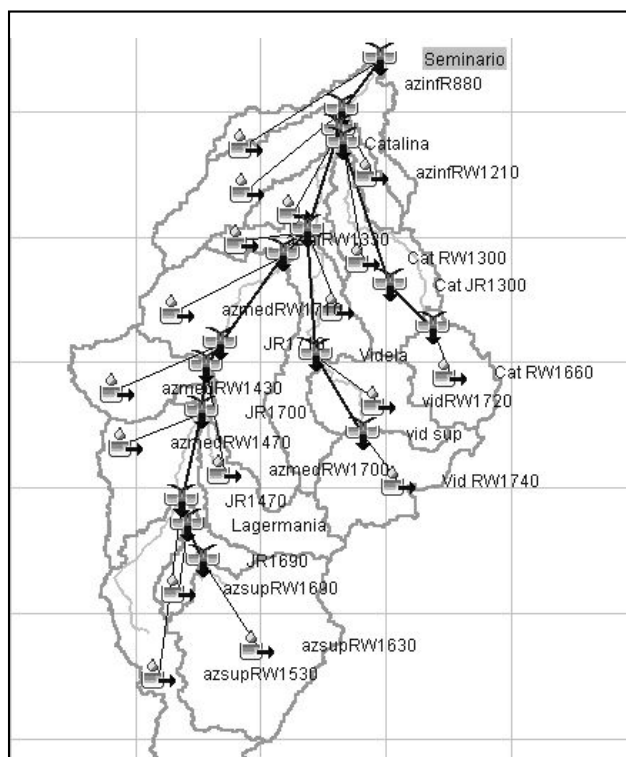


Figura 5. Modelo de la cuenca del arroyo del Azul superior con el programa Hec- HMS.

las secciones de los arroyos del Azul, Santa Catalina y Videla (Cazenave y Villanueva, 2007). Para el conjunto de eventos de validación y simulados posteriormente el modelo representa adecuadamente la respuesta de la cuenca ante eventos intensos y en condiciones de exceso. En estas condiciones desfavorables, desde un punto de vista hidrológico, se cuenta con una herramienta de predicción en la cual se calculan de forma ajustada los caudales y tiempos al pico.

## Pronósticos meteorológicos

El seguimiento de un fenómeno comienza con el alerta meteorológico emitido por el SMN, quien a través del modelo ETA genera mapas de lluvia acumulada en la semana (Figura 6) y meteogramas con la distribución de lluvia (en intervalos de 3 horas) pronosticada para 4 días o el pronóstico a 48 horas en el área con acumulados cada 6 horas (Figura 7). Además de seguir el alerta con los productos del SMN se van contrastando los resultados de otros modelos de pronósticos publicados en diferentes sitios web como [www.yr.no](http://www.yr.no), [www.fich.unl.edu.ar/cevarcam/](http://www.fich.unl.edu.ar/cevarcam/), [www.freemeteo.com](http://www.freemeteo.com), entre otros.

Si el pronóstico de un evento es muy intenso, o las condiciones hidrológicas de la cuenca son críticas, se hace un primer análisis con el modelo de predicción de crecidas a fin de analizar las condiciones previas y la respuesta de la cuenca en el caso que se cumpla el pronóstico meteorológico. Esto permite tener una previsión de la magnitud de la crecida en base al alerta meteorológico.

Otro aspecto que se toma en cuenta de cara a un alerta de inundación son los productos satelitales. Las imágenes GOES disponibles a tiempo real del SMN (Figura 8) permiten seguir la formación del evento y controlar su avance. De esta manera se puede inferir si el pronóstico del modelo meteorológico se cumple. Ya con el desarrollo del evento en la región se utilizan imágenes radar, que si bien no son de buen alcance en el área de estudio, sirve al meteorólogo del SMN para ajustar el pronóstico a corto plazo. También son de utili-

dad para valorar el estado de humedad antecedente de la región productos de escala pequeña, como las MODIS (Figura 9), con los cuales se estima si el estado de la cuenca es crítico.

## Gestión del alerta de inundaciones

El IHLLA en situaciones de riesgo de inundación conforma el grupo técnico de alerta de inundación con la Dirección de Hidráulica y Vialidad Urbana de la Municipalidad de Azul y el Servicio Meteorológico Nacional. Este grupo sigue el alerta meteorológico, realiza y analiza la predicción de crecidas del arroyo y elabora los partes de prensa para el municipio quien es el encargado de informar a la población y tomar las medidas necesarias en caso de inundación.

Las salidas de los modelos meteorológicos, ETA-SMN y otros, permiten cargar en el modelo hidrológico la lluvia pronosticada y tener idea del rango de crecida esperable en la ciudad de Azul. Con esta información de inicio el grupo técnico inicia la labor de actualización permanente del pronóstico, del evento y la predicción de la crecida del arroyo.

El seguimiento continuo del avance de la tormenta se realiza a través de imágenes radar de lluvia, imágenes satelitales y la red de alerta de Azul. A medida que se va conformando el hietograma de lluvia medida en cada una de las estaciones de la red se va renovando la predicción del modelo hidrológico Hec- HMS. Los hidrogramas calculados y el pronóstico a corto plazo brindado por el SMN para nuestra zona permiten ir actualizando la situación esperable para la ciudad de Azul.

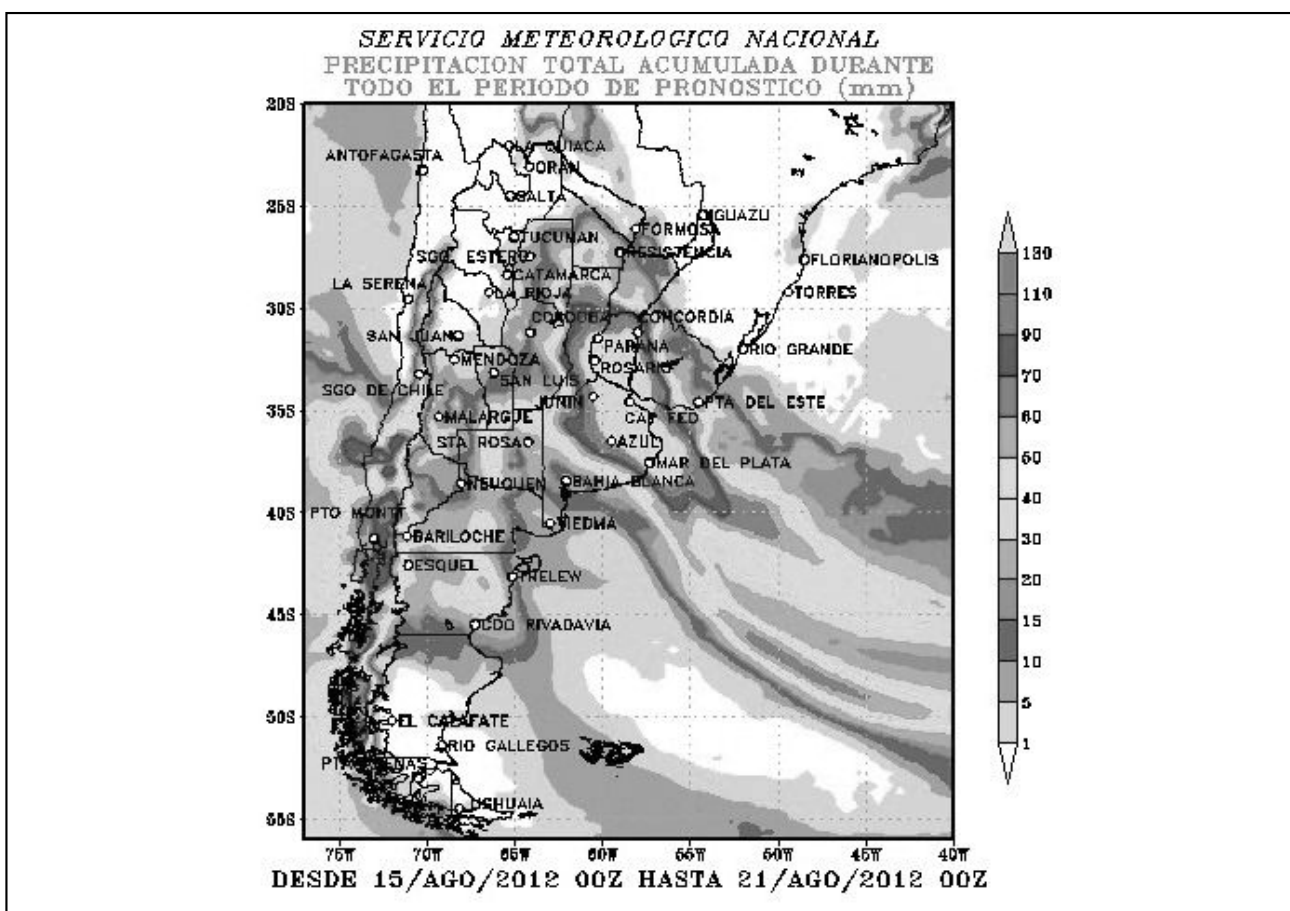


Figura 6. Pronóstico de lluvia acumulada 15-21 agosto de 2012, Modelo ETA-SMN.

PRON_AZUL_2012-AGO-22-00: Bloc de notas									
Archivo Edición Formato Ver Ayuda									
PRECIPITACION ACUMULADA EN 6HS - PARTIDO DE AZUL BASADO EN EL ANALISIS DEL 22/AGO/2012 00UTC									
PRONOSTICO	6	12	18	24	30	36	42	48	
-36.1/-60.4	0.0	0.0	0.0	9.3	22.8	28.9	22.7	11.2	
-36.1/-60.0	0.0	0.0	0.0	13.6	21.6	24.6	22.4	15.2	
-36.1/-59.7	0.0	0.0	0.0	13.0	13.9	12.3	13.0	17.7	
-36.1/-59.4	0.0	0.0	0.0	14.8	7.1	1.0	5.5	19.7	
-36.1/-59.0	0.0	0.0	0.0	13.1	3.5	1.0	1.0	12.1	
-36.4/-60.4	0.0	0.0	0.0	7.9	27.8	35.1	23.1	6.3	
-36.4/-60.0	0.0	0.0	0.0	10.3	24.0	32.2	25.5	9.4	
-36.4/-59.7	0.0	0.0	0.0	10.4	25.0	27.4	24.4	13.9	
-36.4/-59.4	0.0	0.0	0.0	12.8	19.4	17.0	15.4	17.6	
-36.4/-59.0	0.0	0.0	0.0	15.2	10.1	6.8	3.1	22.4	
-36.7/-60.4	0.0	0.0	0.0	5.8	23.6	34.4	14.0	3.4	
-36.7/-60.0	0.0	0.0	0.0	9.1	24.4	35.4	22.8	4.2	
-36.7/-59.7	0.0	0.0	0.0	10.4	28.0	34.4	27.2	5.9	
-36.7/-59.4	0.0	0.0	0.0	11.3	27.7	30.0	25.6	10.4	
-36.7/-59.0	0.0	0.0	0.0	13.6	21.8	23.4	19.2	14.8	
-37.1/-60.4	0.0	0.0	0.0	5.7	24.3	29.7	10.0	3.7	
-37.1/-60.0	0.0	0.0	0.0	7.3	27.0	34.4	11.6	1.5	
-37.1/-59.7	0.0	0.0	0.0	8.0	28.7	35.2	20.5	2.2	
-37.1/-59.4	0.0	0.0	0.0	8.5	29.8	35.4	26.9	3.5	
-37.1/-59.0	0.0	0.0	0.0	10.2	24.8	28.7	24.7	7.3	
-37.5/-60.4	0.0	0.0	0.0	4.4	21.9	23.2	9.8	4.0	
-37.5/-60.0	0.0	0.0	0.0	5.3	25.1	27.7	12.0	3.1	
-37.5/-59.7	0.0	0.0	0.0	5.7	27.0	31.9	13.2	1.1	
-37.5/-59.4	0.0	0.0	0.0	5.9	27.5	31.3	17.9	1.0	
-37.5/-59.0	0.0	0.0	0.0	4.9	23.7	28.2	21.1	0.9	

Información obtenida del modelo numérico ETA-SMN  
DEPARTAMENTO PROCESOS AUTOMATIZADOS (SMN)

Figura 7. Pronóstico del Modelo ETA-SMN, análisis del 20 de agosto de 2012 00UTC.

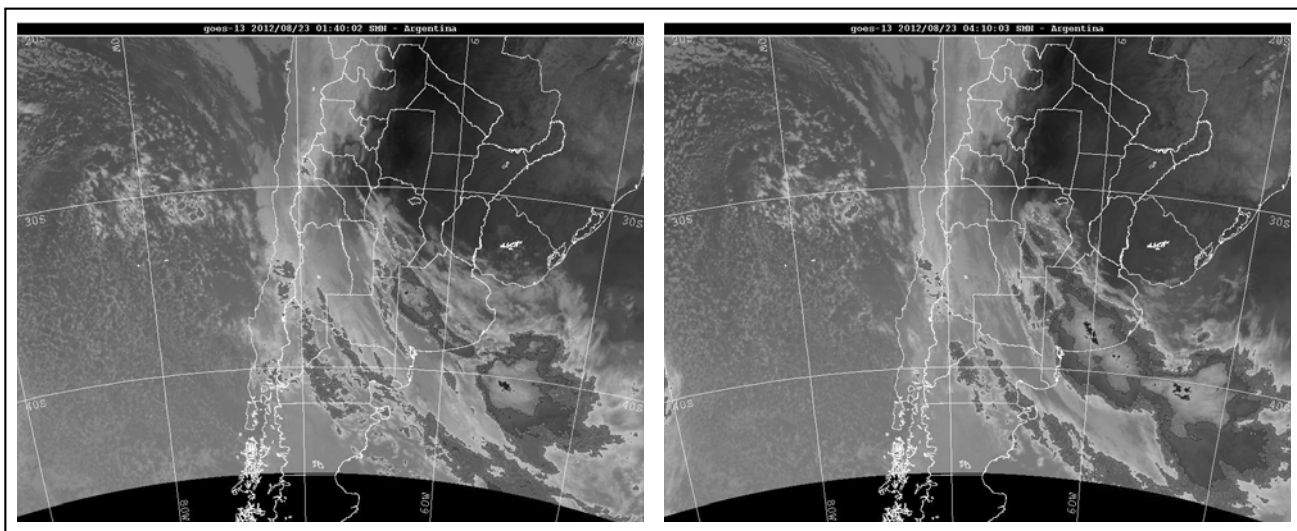


Figura 8. Imágenes satelitales GOES de temperatura de tope nuboso del 23/8/2012.

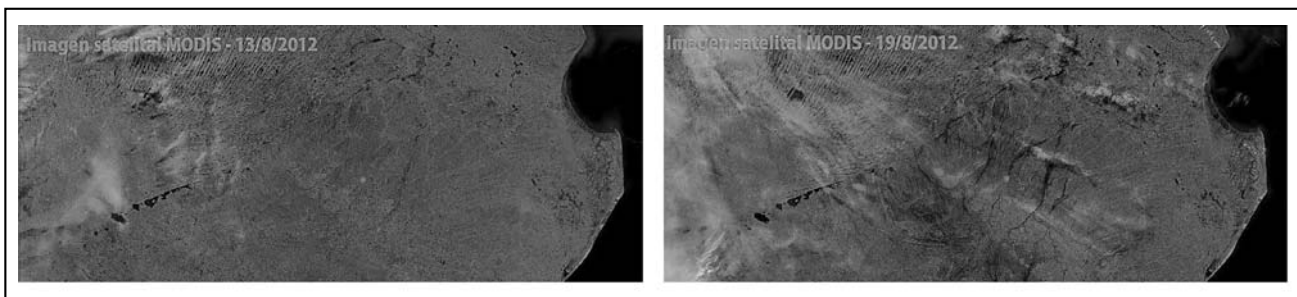


Figura 9. Imágenes satelitales MODIS del estado de humedad antecedente de la zona antes de los eventos del 17 y 23 de agosto de 2012.

Además se realizan mediciones continuas de alturas en Videla, Santa Catalina y Azul (Seminario), se miden caudales en diferentes secciones a fin de agregar puntos observados de altura caudal para la curva h-Q. También se mide el avance de la crecida en escalas hidrométricas ubicadas en el centro de la ciudad para el seguimiento de la crecida en su paso por el casco urbano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el alerta de crecidas se dispone de tres fuentes de información de lluvia: la red de alerta temprana de inundaciones que da información distribuida temporal y espacialmente de la lluvia en la cuenca alta del Azul (Figura 10), la lluvia total medida en los establecimientos agropecuarios los cuales se contactan telefónicamente durante el día, y la información del SMN que realiza la medición de lluvia cada 3 horas.

Hasta 2005, año en que se instala la red telemétrica, los pronósticos de crecidas se realizaban con las lecturas tomadas en los establecimientos agropecuarios adoptando la distribución temporal de la lluvia en Azul que daba el SMN cada 3 horas. Como se ve en la Figura 10 y sucede muchas veces, la distribución temporal de una tormenta varía en pocos kilómetros. Esto produce una distorsión del fenómeno que se refleja en los resultados del modelo de predicción de crecidas. Para ejemplificar esta situación se muestran los resultados obtenidos a partir de los datos de los establecimientos con una única distribución

(Figura 11) y los resultados de la simulación con la información provista por la red de alerta (Figura 12). Se toman los eventos consecutivos del 17 y 23 agosto de 2012 como ejemplo.

Cuando las predicciones se hacen a partir de datos de establecimientos agropecuarios y distribución uniforme los hidrogramas calculados pueden ser sobre o sub-estimados (Figura 11.a y b). Y si bien las mediciones de la red de alerta son precisas y confiables, se observa que los pronósticos pueden tener diferencias con el observado y es necesario contar con las medidas a tiempo real para corroborar y ajustar el pronóstico. En algunos casos el caudal calculado puede estar desfasado en el tiempo (Figura 12.a) o ser muy preciso (Figura 12.b), pero siempre será necesario contrastar estos resultados con los niveles y/o caudales observados y su evolución temporal (Figura 13) a fin de ir ajustando la predicción de la crecida.

Durante el desarrollo del evento de lluvia como durante el traslado de la crecida es necesario controlar los niveles alcanzados y compararlos con los niveles de alerta. Las secciones en la cuenca media o de cierre de afluentes permiten evaluar la respuesta de sectores y cómo se combinan para formar el hidrograma final en la sección de salida. La comparación entre eventos de similares características puede ayudar a la interpretación de un fenómeno y apreciar la certeza de una predicción de crecida.

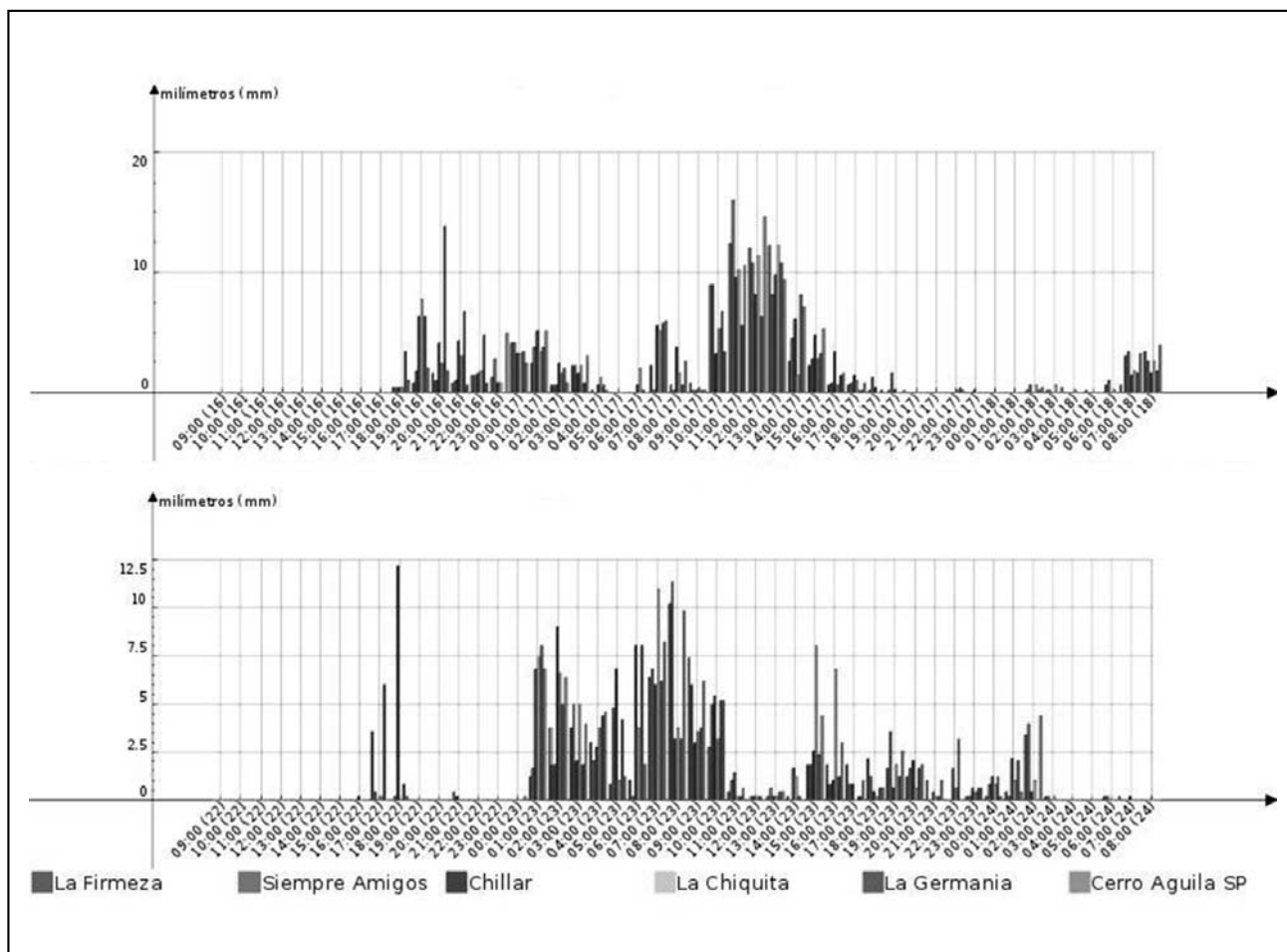


Figura 10. Distribución de precipitación en las estaciones de la red de alerta para los eventos del 17 y 23 de agosto de 2012..

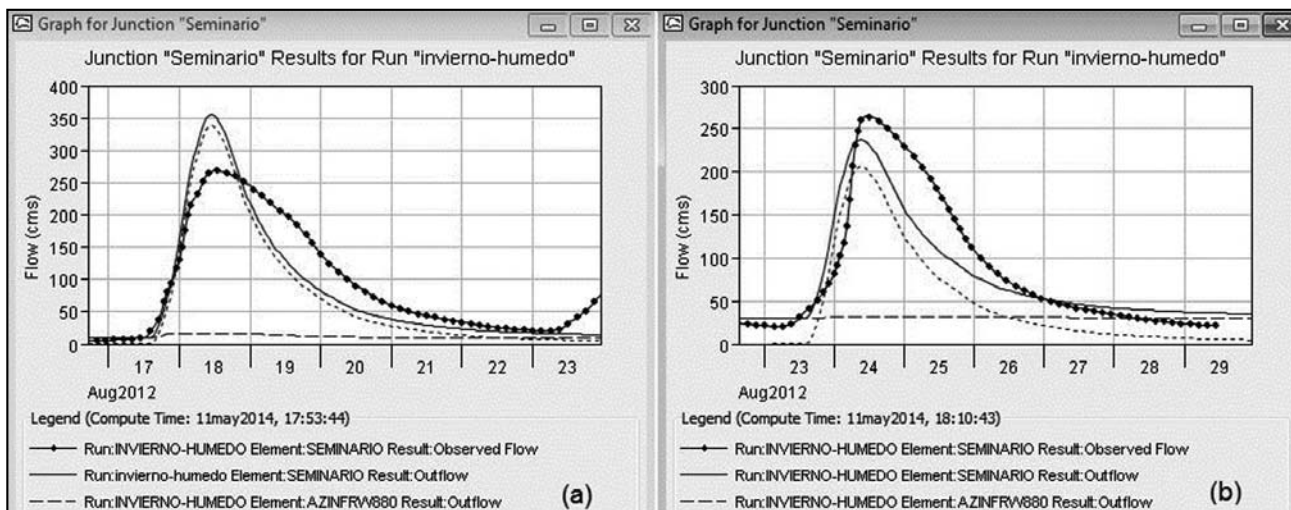


Figura 11. Predicción de crecida del arroyo Azul en Seminario para los eventos del: a) 17/08/2012, y b) 23/08/2012, con datos de lluvia de establecimientos agropecuarios. Modelo Hec- HMS.

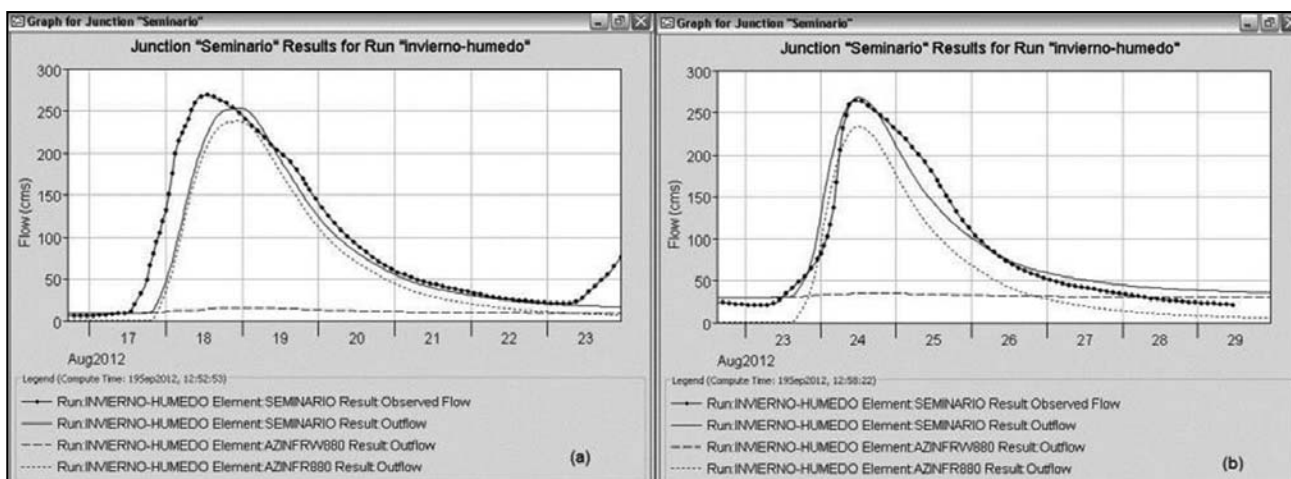


Figura 12. Predicción de crecida del arroyo Azul en Seminario para los eventos del a) 17/08/2012, y b) 23/08/2012, con datos de lluvia de la red de alerta. Modelo Hec- HMS.

## CONSIDERACIONES FINALES

La obtención de información consistente y precisa de las redes de monitoreo permite valorar y conocer el estado de la cuenca, su memoria hidrológica, lo que sirve de sustento para conseguir un adecuado proceso de calibración y validación de los modelos hidrológicos.

La presencia de una red de alerta garantiza la captura y minimiza la incertidumbre del dato, pero para que esta premisa sea duradera requiere de un mantenimiento continuo, tanto del equipamiento de campos como de las centrales de recepción. Los sensores instalados en las estaciones deben contrastarse con patrones para asegurar su correcto funcionamiento, los conectores han de limpiarse y mantenerse libres de deterioro, al igual que las condiciones del predio de la estación. En las centrales de control es necesario tener asegurada la protección ante descargas y sobretensiones eléctricas, así como contar con equipos de suministro eléctrico alternativos.

La red de monitoreo tradicional no es necesariamente invalidada por la red de alerta, sus datos sirven para cotejar los

datos de la estaciones telemétricas o, ante cualquier eventualidad, reemplazarlos. Todos los datos son válidos siempre que se tenga en cuenta en la interpretación de los resultados la procedencia y limitaciones asociadas.

Se debe tener en cuenta siempre que los modelos matemáticos de crecidas están sesgados por la información que se utilizó para su calibración, por ello cuanto mayor sea el número de eventos utilizados para su ajuste mejor será su representatividad posterior. Al igual que las curvas h-Q es necesaria su actualización permanente.

En la previsión de crecidas el trabajo conjunto de técnicos en hidráulica, hidrología y meteorología permite un mejor entendimiento del fenómeno y por ello una predicción más ajustada. Además es necesaria la participación política y de comunicadores que en diálogo permanente y trabajo conjunto hagan llegar a los estamentos involucrados en las inundaciones los resultados de la predicción numérica. De esta manera, se logra informar con adecuada rigurosidad, claridad e instrucciones precisas a los posibles afectados por las inundaciones.



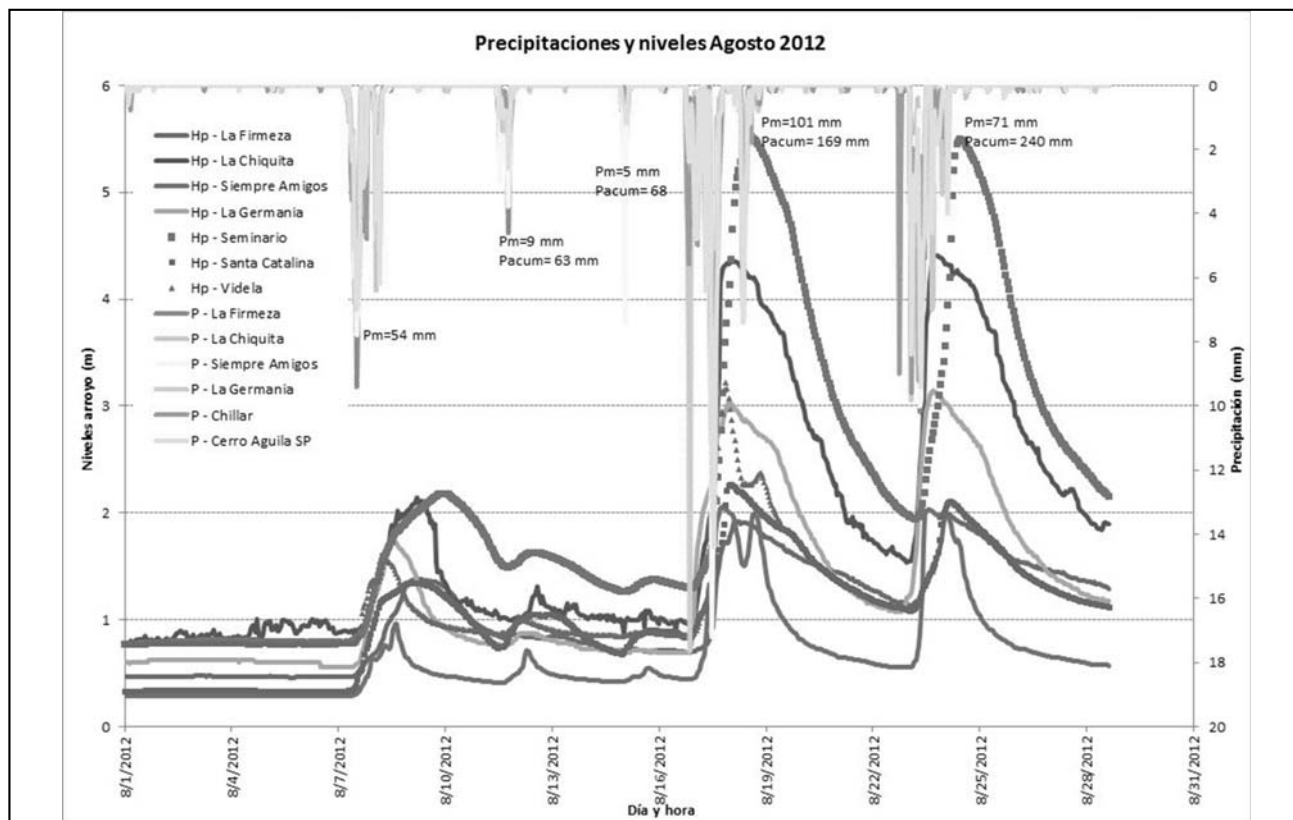


Figura 13. Hidrogramas y hietogramas registrados durante agosto de 2012 (línea continua estación telemétrica, puntos limnigráfico de registro continuo, barras precipitación)

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

AMEGHINO, F., 1884.

Las secas y las inundaciones en la provincia de Buenos Aires.  
*Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires.*

CAZENAVERA, G. Y VILLANUEVA, A. O. N., 2007.

Modelación superficial en una cuenca de llanura con el Hec-HMS.  
*Caso de estudio: Cuenca del Azul Superior. XXI Congreso Nacional del Agua. Tucumán, Argentina.*

VILLANUEVA, A. O. N., 1995.

Mudanças de variável em um modelo de distribuição transversal de vazões.  
*Volumen 4, Anales XI Simposio brasileiro de recursos hídricos. ABRH, Recife, PE.*

U.S.D.A., 1985.

National Engineering Handbook. Sección 4.  
*Soil Conservation Service. United State Government Printing Office, Washington.*