

## AVANCES DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES – MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA CRECIDA DE 2014 EN LA CUENCA DEL RÍO SALADO

Bianchi, Guillermo J.

UIDET Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP Calle 47 N° 200, Piso 1, Oficina 6, La Plata – Tel. 0221-427-5223

[bianchiguillermo1@gmail.com](mailto:bianchiguillermo1@gmail.com)

Palabras clave: precipitaciones, secas, inundaciones, río Salado, encauzamiento.

### Introducción

La cuenca del río Salado de Buenos Aires presenta un régimen de caudales caracterizado por recurrentes situaciones de inundaciones y sequías resultantes de la significativa variabilidad de las precipitaciones. Esta cuestión ha sido el centro de atención de gobiernos e investigadores desde los tiempos de Florentino Ameghino (Ref.1). En la actualidad, las nuevas obras en el río Salado (Ref.2) constituyen un importante avance en la búsqueda de soluciones para garantizar el desarrollo económico de esta importante región agropecuaria, históricamente condicionada por múltiples y concurrentes factores hidrometeorológicos.

El presente trabajo presenta los avances del programa de investigación “Estudios sobre la respuesta hidrológica de la cuenca del río Salado y sus consecuencias en el ajuste morfológico del cauce en relación al nuevo plan de obras en el corredor fluvial”. En ambientes fluviales singulares como el río Salado, resulta interesante estudiar el comportamiento natural y la evolución de las respuestas como consecuencias de condiciones extraordinarias, especialmente ahora que el sistema está fuertemente influenciado por las obras de adecuación del cauce y mejoras en el corredor fluvial.

La generación de información constituye por sí misma uno de los objetivos del programa (Ref. 4). Con el afán de sostener en el tiempo el monitoreo de las variables hidrológicas y ambientales del sistema, desde 2007 una parte sustancial del esfuerzo se ha invertido en la realización de trabajos de campaña y mediciones sistemáticas, tarea que fue posible gracias a la colaboración del Departamento Hidráulica (apoyo técnico, movilidad y recursos) y de docentes y alumnos de las cátedras de Hidráulica Fluvial e Hidrología.

### Desarrollo Experimental

El monitoreo continuo de las condiciones hidrometeorológicas y/o del estado hidrométrico del río, constituye una herramienta necesaria para el análisis, a tiempo cuasi-real, de la situación hidrológica. El equipo de trabajo ha adquirido experiencia y operatividad en la generación de información de campo, en cuyos resultados se apoyan la interpretación y pronóstico que constituye el presente avance.

La crecida del río Salado del año 2014 aconteció entre abril y noviembre cuando se presentaron sucesivos pulsos de crecida en respuesta a lluvias intensas que mantuvieron condiciones favorables al establecimiento de aguas altas en el eje fluvial, reconociendo similitudes y diferencias con eventos anteriores recientes (Ref.3). Las condiciones que derivaron en la crecida de 2014 fueron interpretadas a partir de la modelación hidrodinámica del tramo inferior del Río Salado, validado por mediciones sistemáticas de niveles y caudales en el corredor fluvial. Como en trabajos anteriores se realizó el análisis multitemporal de imágenes satelitales (programa MODIS-NASA) el que permitió complementar la descripción del evento en cuanto al traslado de la onda de crecida y los mecanismos y dinámica de los almacenamientos en la planicie de inundación.

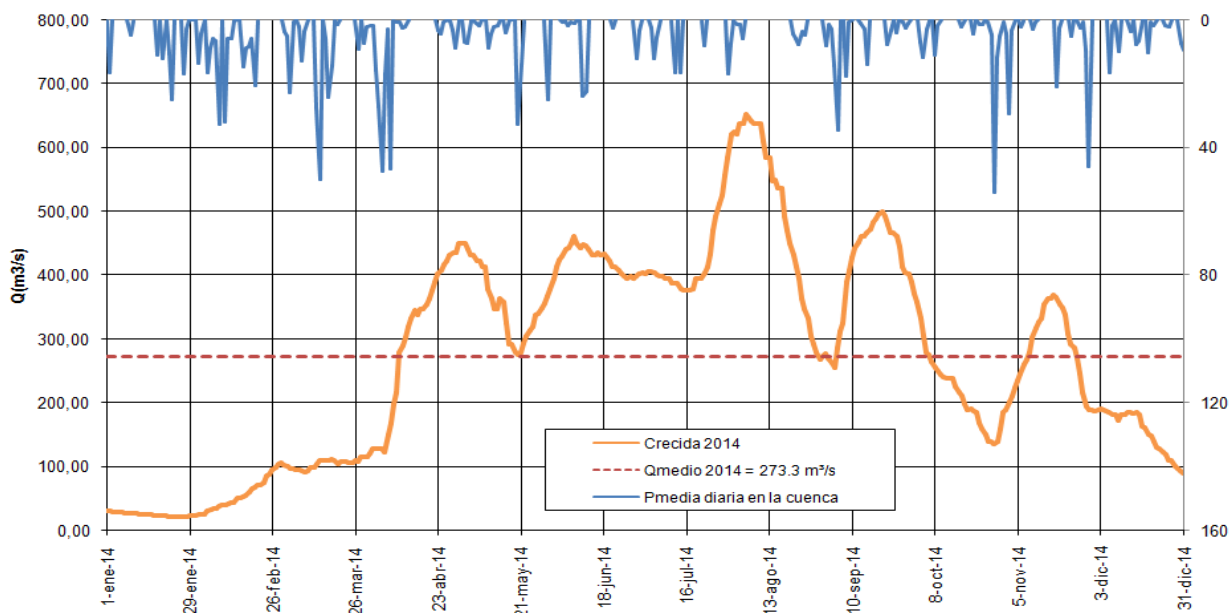


Figura 1

La Figura 1 sintetiza las elaboraciones realizadas a partir del monitoreo de niveles y caudales en el río Salado durante el año 2014. En la misma figura también se representa la evolución de precipitación media diaria de la cuenca, estimada en base a datos de lluvia en Junín, 9 de Julio, Pehuajó, Trenque Lauquen, Bolívar, 25 de Mayo, Saladillo, Las Flores, Azul y Olavarría.

## Resultados y Discusión

### Evolución de la crecida de 2014

Luego de las escasas lluvias de diciembre de 2013, el escurrimiento en el río Salado no superaba 20 m³/s al comienzo del año, un valor asociado al nivel 90% de la curva de duración histórica. Se verificaban por otra parte, condiciones características de los estiajes prolongados tal como lo ejemplifica el alto valor de la conductividad eléctrica, de 9600 y 9800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Las lluvias del 1er trimestre fueron superiores a las normales pero sólo permitieron recomponer el perfil de humedad de la cuenca. Recién al final del período sobreviene el primer pulso de crecida. En el análisis de la evolución cronológica se hace referencia a tres instancias:

**1er período:** A fines de marzo y principios de abril se produjo un período con precipitaciones abundantes abarcando casi la totalidad de la cuenca. La situación meteorológica presentaba una circulación favorable para el ingreso de aire húmedo y cálido desde el norte sobre grandes extensiones de la zona central del territorio argentino. Se trataba de un complejo escenario con condiciones de inestabilidad que potenciaban la ocurrencia de precipitaciones abundantes durante varios días. Los eventos más importantes ocurrieron entre el 3 y el 8 de abril, vinculado a un vórtice ciclónico avanzando desde Chile, por Neuquén y Río Negro el que finalmente atravesó por el sur a la provincia de Buenos Aires.

El seguimiento multitemporal en días siguientes, muestra que para el 9/04/2014 ya se identifica claramente la respuesta rápida del arroyo Las Flores con el frente de inundación llegando a la localidad de Alvear (igual situación presentaban los arroyos Tapalqué, Azul y los derrames vinculados a Canal 9 y al arroyo El Gualicho. En el Salado Superior se identifican importantes escurrimientos en la Cañada de Los Peludos, la de Chivilcoy y los tributarios a la laguna de Lobos. El Salado Inferior es afectado hasta ese momento, sólo por las lluvias locales que se suman a las descargas antecedentes.

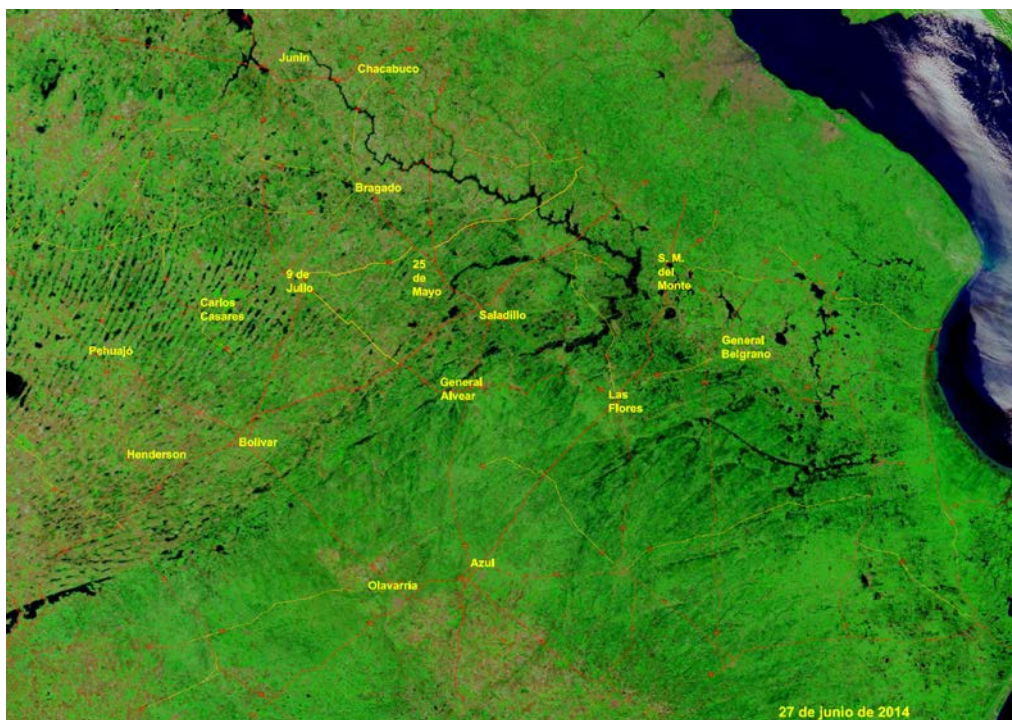
Hacia el 22 de abril el caudal del arroyo Vallimanca Saladillo hace aumentar significativamente el nivel de la Laguna Las Flores Grande. En el Salado Inferior se destaca el frente de crecida del subsistema Gualicho-Zapallar que ha alcanzado la laguna San Lorenzo, la cual se encuentra descargando al Salado a la altura de la progresiva km 102.

Para el día 1ro de mayo, con la laguna Las Flores en la cota 20,40 m IGN, se alcanza el primer máximo relativo, con  $Q = 450 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras el frente de inundación ya ha superado la zona de General Belgrano.

2do período: Los eventos lluviosos de mayo y junio lograron mantener en niveles elevados el estado de humedad de la cuenca, lo que propiciaría potenciales condiciones favorables a la generación de excedentes. El mes de julio fue particularmente atípico en cuanto a que la temperatura media fue superior a la normal. El importante aporte de aire cálido y húmedo que alcanzó a la región redundó, pese a la época del año, en excitaciones pluviométricas. Los acumulados fueron significativos en el sector este y noreste de la provincia, aunque localmente, también se produjo lluvia intensa en sectores de la cuenca. Los eventos de tormenta del 5-6 y 12-14 de julio generaron las mayores aportaciones.

Se destaca el marcado ritmo de crecimiento de la precipitación en los últimos meses, siendo las tasas de crecimiento mayores a las esperables en años normales. En 2014 también se superó ampliamente el acumulado anual esperado como normal.

Consecuentemente, en los primeros días de agosto se alcanzan los niveles máximos de inundación en el Salado Inferior ( $Q$  aforado =  $680 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



**Figura 2**

La Figura 2, representa el estado de la cuenca a fines de junio de 2014. En ella se distinguen los desbordes del arroyo Las Flores desde aguas abajo de la localidad de Alvear hasta la laguna Las Flores. Los cuerpos lagunares del sistema Vallimanca-Saladillo han colmado su capacidad. También se detecta la activación del sistema Gualicho-Zapallar-Camarones y principalmente el Canal 9. El chequeo en campo confirmó que el Salado Inferior presentaba un alto grado de conectividad con los bajos marginales.

En tanto en el Salado Superior se observan desbordes sobre la planicie. Se destaca el área ocupada por las lagunas Mar Chiquita y de Gómez en Junín. También la gran acumulación de agua en las lagunas Las Flores Grande y Chica. Esta situación estaría garantizando la llegada y permanencia de excedentes al tramo inferior (caudal en Roque Pérez entre 150-200 m<sup>3</sup>/s).

En la Figura 3, correspondiente a la imagen del 24/07/2014, se observan muchos sectores de la cuenca en donde se agrava la situación precedente. Aparecen excedentes y desbordes en los arroyos Salado y Vallimanca y en el arroyo Brandsen. Este último es afluente del arroyo Las Flores, el que por otra parte ha recibido, a la fecha, los excedentes provenientes del arroyo Tapalqué. Todo el tramo inferior del arroyo las Flores se encuentra desbordado.

Al hacer un análisis más detallado de la evolución temporal de los escurrimientos es posible reconocer que el sistema Vallimanca-Saladillo por sus características geomorfológicas, llega con cierto retardo a la laguna Las Flores.

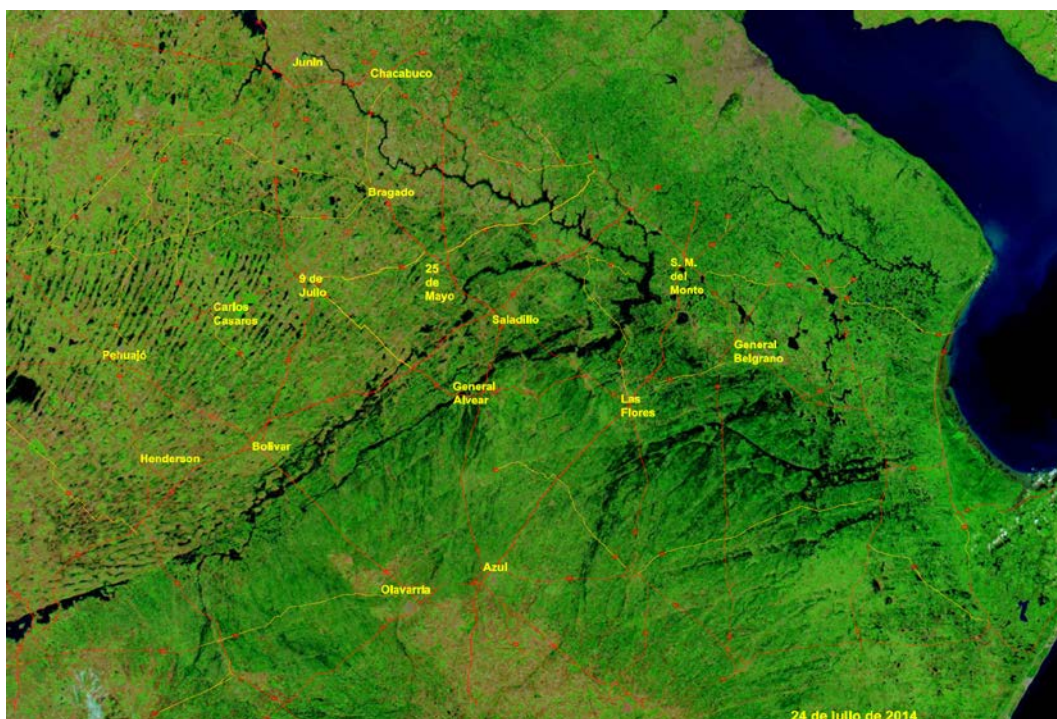


Figura 3

Las mayores afectaciones han sido observadas en la región oriental de la cuenca. Particularmente los arroyos y encadenamiento de bajos al sur del río Salado (Gualicho, canal 9, Dolores y Castelli).

La Figura 4, del 4/08/14, refleja condiciones de permanencia de las aguas similares a la anterior. Detalla el grado de acumulación y posible permanencia de las aguas en los almacenamientos superficiales. Se destaca la extensión de los volúmenes acumulados en la Laguna Las Flores, como principal sostenedor de los caudales del tramo inferior. Asimismo, otros sistemas de lagunas vinculados al eje fluvial que se encuentran con niveles altos, potenciarán descargas en cuanto dispongan de gradiente favorable.

3er período: El trimestre setiembre-octubre-noviembre presentó puntualmente eventos de precipitación. Si bien fueron aislados y sólo severos localmente, se generaron dos empuntamientos considerables, en setiembre y a finales de octubre, alcanzando el máximo relativo el 18/11/14 ( $Q = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Las condiciones a principios de setiembre indicaban que el Salado Inferior se encontraba con niveles nuevamente en leve descenso con remansos que

generaban desbordes en los sectores bajos. Las lluvias del 4 y 5 septiembre si bien tuvieron mayor incidencia al sur del río Salado (Figura 5) resultarían un condicionante de las descargas del río y principalmente del mantenimiento de niveles altos.

En la imagen se observa que las mayores inundaciones provienen de la activación del sistema Gualicho-Zapallar-Camarones, Laguna San Lorenzo y principalmente el Canal 9. El chequeo en campo confirmaba el alto grado de conectividad del Salado Inferior con los bajos marginales. Las condiciones hacia el 23 de septiembre, cuando se sucedieron días sin precipitación, mostraban el mejoramiento de las condiciones de descarga del río, pese a lo cual el sistema fluvial continua desbordado y en condiciones potenciales de sufrir nuevos aumentos en la medida en que se produzcan lluvias.

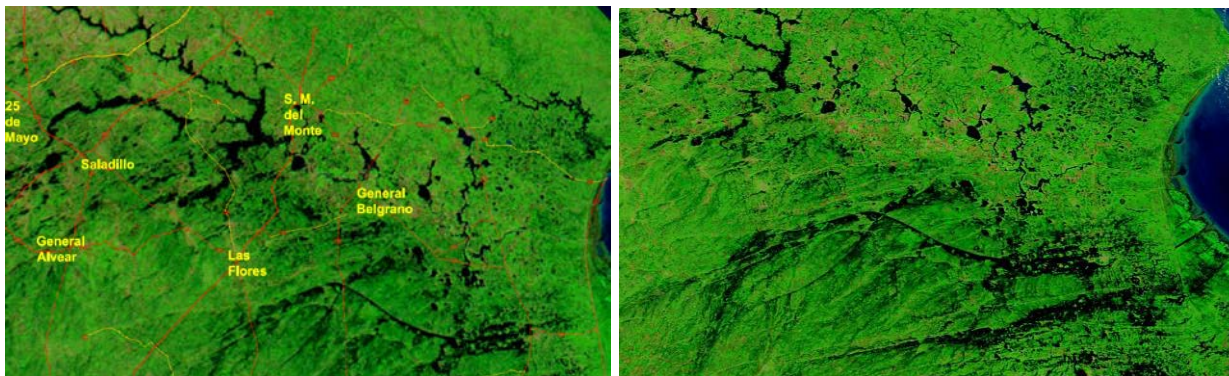


Figura 4 y 5

La persistencia de las lluvias, sobre un sistema fluvial que reconoce varios subsistemas capaces de generar excedentes, hace que las condiciones críticas permanezcan durante un tiempo mayor en comparación con sistema no complejos. Este tipo de comportamiento ya fue observado durante la crecida de 2012 y verificado ahora en 2014.

En el análisis de la evolución temporal se reconoce que:

1. Existen zonas que responden rápidamente con caudales de crecida, especialmente el arroyo Las Flores y eventualmente el Salado Superior cuando ya está crecido y es alimentado por excedentes encauzados. El subsistema Vallimanca-Saladillo por sus características geomorfológicas, llega con cierto retardo a la laguna Las Flores. Otro tanto ocurre con el Salado Superior en relación a los excedentes que llegan del sistema del oeste a la zona de Bragado.
2. Se comprende entonces que para eventos pluviométricos como el observado las descargas desde Puente Romero le proveen cierta continuidad dependiendo de los diferentes subsistemas que alcanzan el complejo Las Flores, con su correspondiente retardo.
3. En 2014 las mayores afectaciones han sido observadas en la región oriental de la cuenca. Particularmente los arroyos y encadenamiento de bajos al sur del río Salado (Gualicho, Canal 9, lluvias en Tandil, Dolores y Castelli).
4. Se ha observado que los descensos mantienen un ritmo lento en períodos lluviosos pero en la medida que persista la no ocurrencia de nuevos eventos de lluvias, juega un papel fundamental la mayor capacidad de descarga de la sección del Salado Inferior.
5. El análisis multitemporal muestra claramente ciertos aspectos también observados en la modelación hidrodinámica en cuanto a que los tiempos de respuesta se reducen en el tramo canalizado. Una observación interesante surge al comprobar que para una misma fecha, la mancha de inundación que resulta inapreciable en el tramo inferior, en sectores no

intervenidos se observan significativos anchos de inundación cuya persistencia en el tiempo, en el caso de la crecida estudiada, es superior a tres meses.

6. La existencia de infraestructura vial y ferroviaria con obras de cruce no compatibles con las nuevas cotas de fondo de cauce introduce una problemática aun a la espera de ser resuelta. En aquellos cruces donde se construyeron nuevos puentes el desempeño frente a la crecida 2014 fue el esperado por proyecto.

El antecedente más cercano de este comportamiento corresponde a la inundación que tuvo lugar durante 2012, la cual fue observada y monitoreada como parte de las actividades del programa (Ref.3). Si bien en 2014 no se alcanzaron los valores máximos de 2012, su permanencia en el tiempo fue mayor, siendo el caudal medio anual de 2014 de 273 m<sup>3</sup>/s

### Conclusiones

La situación presentada confirma que el régimen de caudales del río Salado es afectado por recurrentes eventos de inundaciones y sequías producto de la significativa variabilidad de las precipitaciones.

A modo de síntesis sobre las lluvias registradas en 2014, se concluye que:

- A los excedentes generalizados que produjeron las lluvias de abril, le sucedieron cuatro meses de lluvias iguales o mayores a las normales que permitieron mantener las condiciones críticas en toda la cuenca.
- El promedio de lluvia caída en la cuenca durante el cuatrimestre abril-julio superó los 400 mm cuando el valor normal esperado del cuatrimestre es de 200 mm. el acumulado anual promedio de la cuenca fue superior a 1400 mm.

Las actividades de monitoreo continuo han permitido generar el seguimiento y análisis, a tiempo cuasi-real, de la situación hidrológica del río Salado, en este caso se ha estudiado el evento de crecida de 2014.

El análisis multitemporal de imágenes satelitales se constituye en una herramienta operativa auxiliar al relevamiento en campo para validar la evolución de la onda de crecida y los mecanismos y dinámica de los almacenamientos en el cauce y en la planicie de inundación.

### Bibliografía

- [1] Ameghino F. "Las Secas y las Inundaciones en la Provincia de Buenos Aires (Obras de retención y no de desagüe)"- 1884 -1984, Ministerio de Asuntos Agrarios, Buenos Aires.
- [2] Seglie, J., Zombori, Z., Agabios, A. & Bianchi, G. "Nuevo Criterio de Diseño de Obras de Canalización en Ríos de Llanura - El Caso del Río Salado", XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Punta del Este, Uruguay, Noviembre 2010.
- [3] Bianchi, G. "Estudios Hidráulico-Hidrológicos de Eventos Extremos Acontecidos en la Cuenca del río Salado durante 2011 y 2012", Segundas Jornadas de Investigación y Transferencia, 1a ed. - La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Mayo de 2013.
- [4] Bianchi, G. "Estudios sobre la respuesta hidrológica de la cuenca del río Salado y sus consecuencias en el ajuste morfológico del cauce en relación al nuevo plan de obras en el corredor fluvial", Informe de Mayor Dedicación, Área Hidrología, Laboratorio de Hidráulica, Fac. Ingeniería, UNLP, 2010.