

AVANCES DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIONES – ESTUDIOS SOBRE LA EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DEL CAUCE DEL RIO 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

Palabras clave: morfología fluvial, sedimentos, río Salado, encauzamiento.

Introducción

El río Salado es un río de llanura que se aparta de los patrones normales de un curso aluvial. Se ha comprobado que la lentitud de los cambios naturales esperables se debe a factores particulares tales como la propia limitación de la potencia del escurrimiento, lo que incide en la dinámica de transporte de muy baja intensidad que manifiesta.

La readecuación del río que se lleva a cabo desde 2003 considera por un lado nuevas dimensiones de la sección del cauce y por otro un original tratamiento de las planicies (Ref 1). La concepción de la obra estuvo sustentada sobre pautas básicas de preservación del ambiente fluvial en cuanto a las dimensiones del ancho y cotas de fondo y pendientes de los taludes. Se trató de un nuevo criterio referencial para el diseño de obras de ampliación de su capacidad que intenta preservar el paisaje fluvial y en especial el de la llanura pampeana.

El presente trabajo presenta los primeros 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 temas específicos sobre el estado de equilibrio del río y su evolución morfológica en los últimos 10 años.

El río Salado es tratado como un sistema fluvial singular, donde poder estudiar el comportamiento natural y la evolución de las formas del cauce readecuado frente al régimen de caudales existente, sin perder de vista que el funcionamiento del sistema está fuertemente influenciado por las intervenciones de obra que se están ejecutando.

La falta de datos disponibles sobre su dinámica fluvial condujo a la necesidad de generar información propia como parte de los objetivos del programa (Ref. 3). Tratándose de procesos lentos, el sostenimiento en el tiempo del monitoreo constituye una parte sustancial del esfuerzo invertido, básicamente en la realización de trabajos de campaña y mediciones sistemáticas. Esta tarea ha sido 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

Se relevaron las condiciones de contorno a lo largo del eje fluvial (285 km) incluyendo la cronología de las obras ejecutadas desde 2003 hasta el presente, caracterizando en cada tramo el grado de modificación del sistema natural y sumado a la secuencia temporal hidrológica, especialmente durante eventos extremos (Ref.2).

Se analizó el resultado del monitoreo continuo de sedimentos en suspensión y turbiedad durante el mismo período en diferentes secciones. Y fundamentalmente, para esta etapa, se establecieron criterios de análisis sustentados en relevamientos de campo y documentación fotográfica lo que permitió desarrollar un modelo conceptual del comportamiento del río.

Para la interpretación del origen y cuantificación de la carga de sedimentos se consideró: a) las variaciones en el transporte de sedimentos monitoreado y su incidencia sobre el balance sedimentológico; b) la magnitud y efectos de los eventos hidrológicos registrados durante el período 2007-2014; c) evaluación de los procesos fluviales esperables (específicamente la interacción de tres aspectos: la identificación de casos puntuales, el efecto de balance al pie del talud; y el balance esperado en el tramo, a mediano y largo plazo, sobre las condiciones de equilibrio de un sistema típico de llanura; d) evaluación de la influencia sobre la sedimentación que tuvieron los sistemas de cierre temporario, para desvío del río; d) Identificación y comparación de las formas fluviales observadas en el campo tanto para el sistema intervenido como para el patrón morfológico natural.

A partir de métodos de correlación entre mediciones de turbidez y de la concentración de sólidos suspendidos a lo largo del eje fluvial dado por la continuidad y frecuencia de tomas, permite evaluar la evolución temporal de dichos parámetros.

La remoción de los sedimentos del río durante el dragado es una fuente de resuspensión de partículas, aumentando la turbidez del agua. Otra contribución no deseada es el retorno al río de los sedimentos finos que no fueron retenidos en los recintos. Por lo tanto, es esperable que valores aguas abajo de la draga sean superiores a los registrados aguas arriba de la misma.

En este sentido, se han detectado en campo, tramos con comportamientos normales (rango de concentraciones entre 50 y 150 mg/l), y otros con situaciones puntuales relacionadas con descargas no deseadas que superaban los 400 mg/l. Por otra parte la sección de muestreo en RPN57, progresiva km 114, no afectada a obras desde 2010, presentó entre 2011 y 2013 los mayores valores medios de turbiedad, lo que hablaría de la existencia de otras fuentes o causas de movilización de carga sólida, al menos ajenas a la ejecución de obras.

Las marcas dejadas en el paisaje fluvial, como medida de su evolución temporal, aportan información consistente. En ese sentido, se identificaron elementos morfológicos originados en las primeras etapas de la canalización del Salado Inferior (2004-2010), tal como se presenta en las imágenes tomadas de Google-Earth (Figura 1 y 2, de agosto de 2013 y marzo de 2014 respectivamente) perteneciente al tramo inferior en progresiva Km 133 entre la descargas de Laguna Las Barrancas (km 115) y arroyo Los Poronguitos (km 172).



Figuras 1 y 2

Se han encontrado fenómenos de sedimentación incipiente en el puente de la RPN57 en el paraje El Destino. En ese caso, una importante acumulación de sedimentos se produjo frente a la protección de pilas y en el ensanche de transición, durante el prolongado estiaje de 2011, luego parcialmente removilizados durante la crecida de 2012.

Al cabo de varios años de relevamiento se comprenden más acabadamente las características de la dinámica fluvial relacionadas con el balance sedimentológico a mediano y largo plazo. Es

esperable que, para alcanzar el reajuste de los desbalances temporarios inducidos localmente por la obra actual, se necesite la mayor escala temporal.

Resultados y Discusión

Por su magnitud, la crecida de 2012 puso a prueba las obras de canalización ejecutadas en los tramos de aguas abajo. Al respecto se ha explicado en trabajos previos (Ref.2) la mejora en la capacidad de evacuación del tramo encauzado y la notable reducción del tiempo de permanencia de aguas altas. El evento de 2014 sumaría un nuevo pulso hidrológico al sistema fluvial.

En los tramos intervenidos con acciones de obra, la ocurrencia de un evento de crecida, activa mecanismos vinculados al transporte de sedimentos. El pasaje de una onda de crecida implica un aumento sustancial de la capacidad de arrastre, movilizándolo naturalmente el material del lecho. En el caso del Salado, se trató de una situación más compleja, que impactó en un escenario fluvial conformado, en ese momento, por tramos operativos y tramos sin intervenir, con varios frentes de obra, recintos en construcción y una geometría del cauce vulnerable dado que fondo y taludes habían sido recientemente retrabajados.

Todos los componentes de obra mencionados, actuando bajo condiciones hidrológicas extremas, quedan expuestos a la mayor capacidad de arrastre, activando mecanismos que favorecen el incremento del suministro de sedimentos a la corriente.

Relevamientos hechos en 2013 demuestran que la magnitud e intensidad de la crecida de 2012 tuvo capacidad suficiente para movilizar un mayor volumen de sedimentos, el que, al potenciar el desbalance natural entre aportaciones y capacidad de descarga alteró las condiciones de equilibrio del cauce readecuado, y que en períodos inmediatos posteriores de aguas bajas derivó en un incremento de la sedimentación.

Para comprender integralmente el problema se debe analizar y entender el sistema fluvial en su evolución temporal y bajo el concepto de equilibrio dinámico, es decir, enmarcado en la existencia de continuos procesos de erosión y sedimentación.

Evaluación de los procesos fluviales

Los procesos fluviales de erosión-sedimentación, constituyen el mecanismo natural del sistema para sostener el equilibrio entre la carga sedimentológica y los parámetros del flujo. Se manifiesta a través de desbalances de la masa transportada a lo largo del río, y tiene vinculación con la estabilidad de la sección transversal.

La canalización o adecuación de la sección del río Salado, y pese a que no es un río con atributos aluviales completos, sino de llanura con escasa energía morfogenética, debe inevitablemente someterse al proceso natural de maduración o evolución que provoca la acción del flujo sobre los contornos. A partir de un contorno que no es necesariamente rígido, es altamente probable que la geometría inicial sufra modificaciones, dando lugar a procesos de erosión y/o sedimentación. El remodelado de la sección original no es más que un ajuste "natural" que busca el río para conducir eficientemente los caudales.

A pesar de la baja capacidad de transporte sólido el río se encuentra continuamente buscando un hipotético estado de equilibrio. En general se puede establecer que la estabilidad es dinámica cuando la capacidad del flujo para transportar sedimentos está balanceada con la intensidad de abastecimiento o suministro de material sólido.

Por otra parte, el carácter tridimensional del escurrimiento fluvial, induce situaciones de inestabilidad de la sección transversal. El flujo helicoidal se correlaciona con formas en planta no rectilíneas.

En resumen, las variaciones en la curvatura del cauce generan por convergencia de filetes, aceleraciones centrípetas, con flujos transversales superficiales intensos hacia la margen externa, tendiendo a erosionarla, al propio tiempo que el flujo de retorno en profundidad se dirige hacia la margen interna, con tendencia a la sedimentación.

Para ejemplificar algunos de los procesos de erosión-sedimentación en curvas se presenta la situación reconocida en los depósitos de las progresivas km 264 y km 269 (Figuras 3, 4, 5 y 6), donde se pueden observar el patrón de flujo concentrado a la entrada de la margen externa así como el depósito marginal interno aguas abajo.

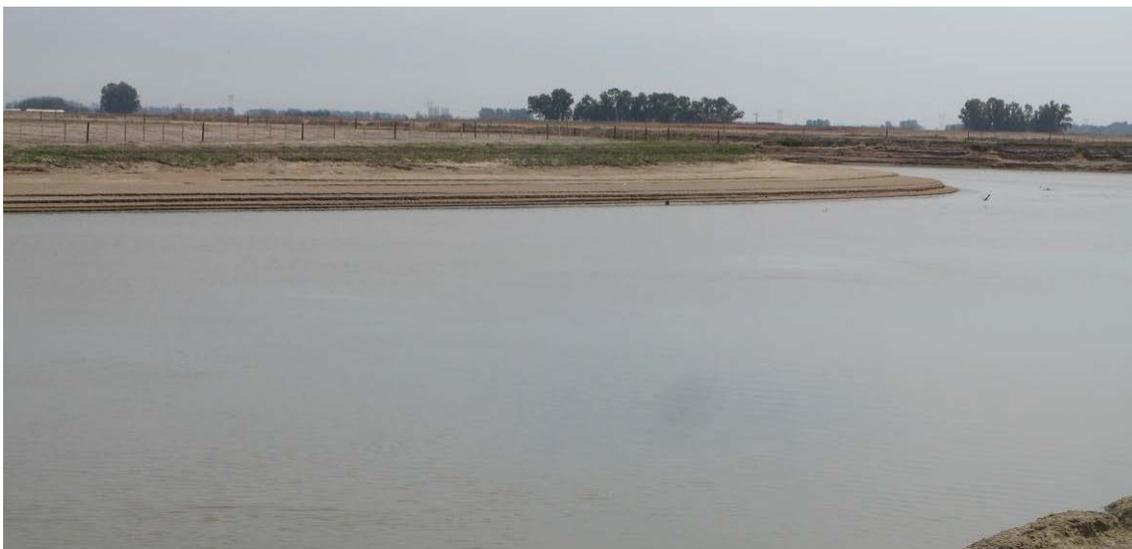


Figura 3



Figura 4

La imagen Satelital de la Figura 5 corresponde al año 2006, previo a las obras de canalización. Se destaca que el patrón en planta tendiente al equilibrio está formado por un cauce primario y eventuales brazos secundarios estables, algo esperable en valles aluviales de muy baja potencia hidráulica cuando conforman cursos anastomosados.



Figura 5 y 6

La imagen de 2014, es un detalle post-obra. Allí existe un canal único organizado sobre la traza del brazo externo con su curvatura original, anulándose el brazo secundario. Las consecuencias derivadas del desbalance y el flujo en curvas dieron lugar a la aparición de importantes depósitos en la margen interna (Figura 6).

El aumento de la carga sólida es una condición inicial de desbalance del estado de equilibrio original. Así entonces, los procesos fluviales de erosión y sedimentación tienden, mediante la dinámica del ajuste morfológico a un nuevo estado en equilibrio con el flujo y la carga sólida.

Si bien en un estadio inicial (primeros años?) se observará la mayor sedimentación, una vez finalizadas las acciones de obra, desaparecerá el mayor aporte de sedimentos. Luego, el balance esperable en el tramo, a mediano y largo plazo, restituirá las condiciones de equilibrio de un sistema típico de llanura de baja carga sólida.

Las formas observadas en los tramos inferiores, algunos con casi 10 años de "trabajo fluvial" ejercido por el régimen de caudales, indican que los procesos de remodelado tienden al patrón original de un río de llanura. Sin embargo las modificaciones de la sección y el cambio de frecuencia de los pulsos de inundación contemplados por el nuevo sistema advierten que tal remodelado no conducirá estrictamente a las formas originales. A diferencia del sistema natural previo a las obras de canalización, en el escenario futuro el río tendrá una mayor capacidad de conducción encauzada de los caudales de crecida que antes desbordaban. Esta condición resultaría favorable para el mantenimiento de la movilidad de importantes fracciones de sedimentos depositados.

A futuro, el programa de investigación prevé el relevamiento continuo en determinados sitios de control con el objeto de acotar las estimaciones de la tendencia esperada de los fenómenos.

Es importante reconocer que el patrón natural constituye un punto de referencia a la hora de establecer en qué dirección evolucionará, aunque lentamente, el sistema fluvial.

Desde una perspectiva ambiental más amplia y teniendo en cuenta como ha sido el funcionamiento de los tramos inferiores canalizados entre 2004 y 2008, se considera destacable el valor intrínseco de la diversidad fluvial que inevitablemente se establece en las respuestas naturales de un sistema en equilibrio.

Conclusiones

Los estudios permiten establecer que la evidencia de fenómenos de sedimentación en localizaciones preferenciales del curso responden a una combinación de acciones que han provocado el desbalance de la carga sedimentológica frente a las variaciones del régimen de caudales.

Los procesos fluviales de erosión-sedimentación, constituyen el mecanismo natural del sistema para sostener el equilibrio entre la carga sedimentológica y los parámetros del flujo. Se manifiesta a través de desbalances de la masa transportada a lo largo del río, y tiene vinculación con la estabilidad de la sección transversal.

Los procesos fluviales esperables para el sistema natural conducen a alcanzar una condición de equilibrio inicialmente alterada localmente por las obras pero con tendencia a un estado de equilibrio compatible con un sistema de llanura. Estos procesos dependerán de las variaciones del régimen de caudales pero la evolución temporal se alcanzará en el mediano y largo plazo.

A futuro, el programa prevé el relevamiento continuo en determinados sitios de control con el objeto de acotar las estimaciones de la tendencia esperada de los fenómenos.

Como consecuencia de la potencia limitada del curso por un lado, sumado al escaso suministro y transporte de sedimentos, la respuesta del sistema, que tiende a la conformación de un nuevo perfil de equilibrio, tendrá una lenta evolución, dependiente de cómo se presente la secuencia hidrológica, su régimen de caudales y de cómo evolucionen los parámetros de movilidad de los depósitos temporales.

Desde una perspectiva ambiental más amplia y a partir de como ha sido el funcionamiento general de la canalización, se considera destacable el valor intrínseco de la diversidad fluvial que inevitablemente se establece en las respuestas naturales de un sistema en equilibrio.

Bibliografía

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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