

OBRAS DE CANALIZACIÓN SOBRE EL RÍO SALADO INFERIOR: EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA Y VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA SECCIÓN

Espil Nosa, Francisco H., y Bianchi, Guillermo J.

Grupo InfoMet, UIDET Hidrología, Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería, UNLP Calle 47 N° 200

francisco.espil@ing.unlp.edu.ar; guillermo.bianchi@ing.unlp.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El río Salado de la provincia de Buenos Aires es un río de llanura, caracterizado por su muy baja energía morfogenética. Su evolución morfológica está dada por su dinámica fluvial, la cual está limitada por la potencia del escurrimiento que presenta este río en particular, lo que incide en la dinámica de transporte. Permitiendo explicar la lentitud de los cambios observados en los procesos fluviales tendientes a adquirir una geometría compatible con su actual régimen de caudales.

Tratándose de un tramo recientemente canalizado, por una obra de readecuación de la sección, iniciadas en 2005, la cual implicó la modificación de la geometría fluvial, y un tratamiento especial en las planicies, se evaluó la capacidad de respuesta del río ante los cambios de su geometría, incluyendo también los efectos derivados del dragado y las fuentes adicionales de generación de sedimentos.

En este tramo de río, la obra comprende la readecuación de la sección de ancho de fondo 80 m y 70 m según subtramos, taludes 1V:3H y pendiente longitudinal del orden de 0.01%; la cual será capaz de transportar un caudal de 700 m³/s que, según los estudios hidrológicos realizados en el PMI, es para un periodo de retorno del orden de 10 años.

Cabe destacar que la obra estuvo sustentada sobre pautas básicas de preservación del ambiente fluvial en cuanto a las dimensiones del ancho, cotas de fondo y pendientes (Seglie et al, 2010), resulta interesante el modo en que dicha obra se articula con el paisaje fluvial y en especial con la llanura pampeana.

En la Figura 1 se puede observar el tramo en estudio en el año 2013 y 2014, primeros años luego de la obra, donde resaltan (con marcas) los recintos de depósito de sedimentos.



Figura 1 - Tramo en estudio - Relevamiento de Recintos - Año 2013 (Izquierda) y Año 2014 (Derecha) - Fuente: Google Earth

PARTE EXPERIMENTAL, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de 15 años de funcionamiento, la sección readecuada ha manifestado tendencias interesantes en cuanto a su articulación con el paisaje fluvial. El monitoreo de la evolución morfológica realizado por InfoMet, ha sido fundamental para verificar tendencias y comportamientos (Bianchi, 2015, Espil Nosa, 2021).

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.

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.

La inquietud que surge es, si las tendencias observadas de depósitos alternantes observados, fundamentalmente en tramos curvos, que implican cambios de la sección proyectada, tiene influencia significativa en la capacidad de dicha sección. Para responderla se modeló el tramo, con diversos escenarios y geometrías.

Escenarios evaluados

Para la modelación de la evolución morfológica del tramo de estudio se ubicaron los puntos más representativos de sedimentación se estimó la pendiente y se cargaron en el modelo como una geometría con secciones trapeciales reducidas por sedimentación, además se tuvieron en cuenta 2 situaciones, una que el coeficiente de rugosidad sea igual al del cauce principal y otra suponiendo que en dichos depósitos crecerá vegetación, por lo tanto, el coeficiente aumentará.

En resumen, se tienen 4 situaciones:

1. Sección transversal de proyecto (trapecio) con coeficiente de rugosidad en cauce principal $n: 0.022$
2. Sección transversal de proyecto (trapecio) con coeficiente de rugosidad en cauce principal $n: 0.025$
3. Sección transversal con sedimentación con coeficiente de rugosidad en cauce y depósitos de $n: 0.025$
4. Sección transversal con sedimentación con coeficiente de rugosidad en cauce $n: 0.025$ y en sedimentación con vegetación $n: 0.033$

Estas 4 geometrías se modelaron con el rango de caudales de 500 a 1000 m^3/s y se evaluó el porcentaje de secciones que desbordaba del cauce principal.

Metodología

La metodología utilizada fue: a partir del resultado del modelo unidimensional donde se obtuvieron los niveles de superficie libre, y teniendo en cuenta los niveles de planicie se calcularon los porcentajes de desborde (siendo 0 el 0% y 1 el 100%). y los promedios de altura de desborde para cada situación, a partir de la diferencia de niveles.

Ambos datos nos ayudan a evaluar la influencia del proceso en estudio, y con esto decidir o adoptar un criterio para formular la respuesta.

Buscando como resultado qué caudal puede transportar el tramo sin que desborde significativamente, es decir, qué capacidad tiene la sección de cauce principal y si dicha capacidad se ve reducida por la sedimentación. Fue necesario subdividirlo en 3 subtramos con características propias:

Un primer subtramo donde el río atraviesa naturalmente un bajo (Bajo Los Cerrillos), donde la planicie tiene una cota muy baja respecto a los demás subtramos, por lo cual su cauce principal tendrá una capacidad menor.

Un segundo subtramo que es un gran corredor central, donde las cotas de los albardones son elevadas respecto a los demás.

Un tercer subtramo que como sección transversal tiene una condición de cotas de planicies intermedias.

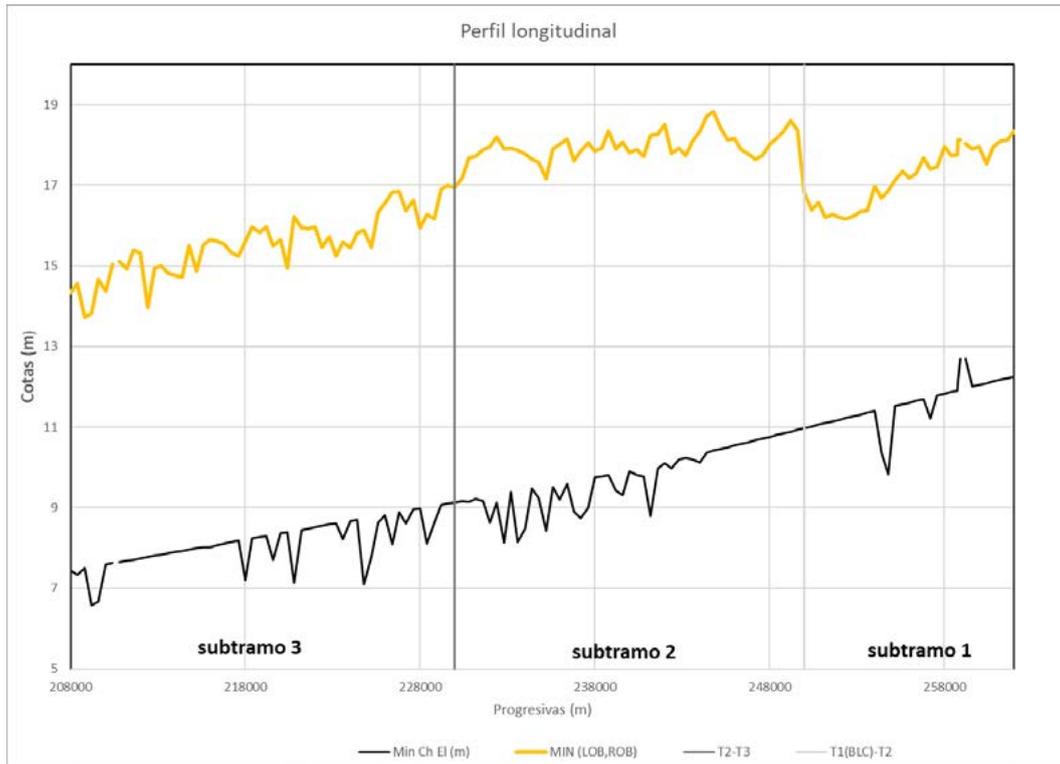


Figura 2 - División de subtramos

- 1- Subtramo Bajo Los Cerrillos entre las progresivas km 250 – 260
- 2- Subtramo medio entre las progresivas km 230 – 250
- 3- Subtramo inferior entre las progresivas km 210 – 230.

Para cada uno de estos subtramos se graficaron los porcentajes de desborde y promedio de altura de desborde de cada una de las geometrías propuestas, obteniendo los gráficos que se muestran a continuación.

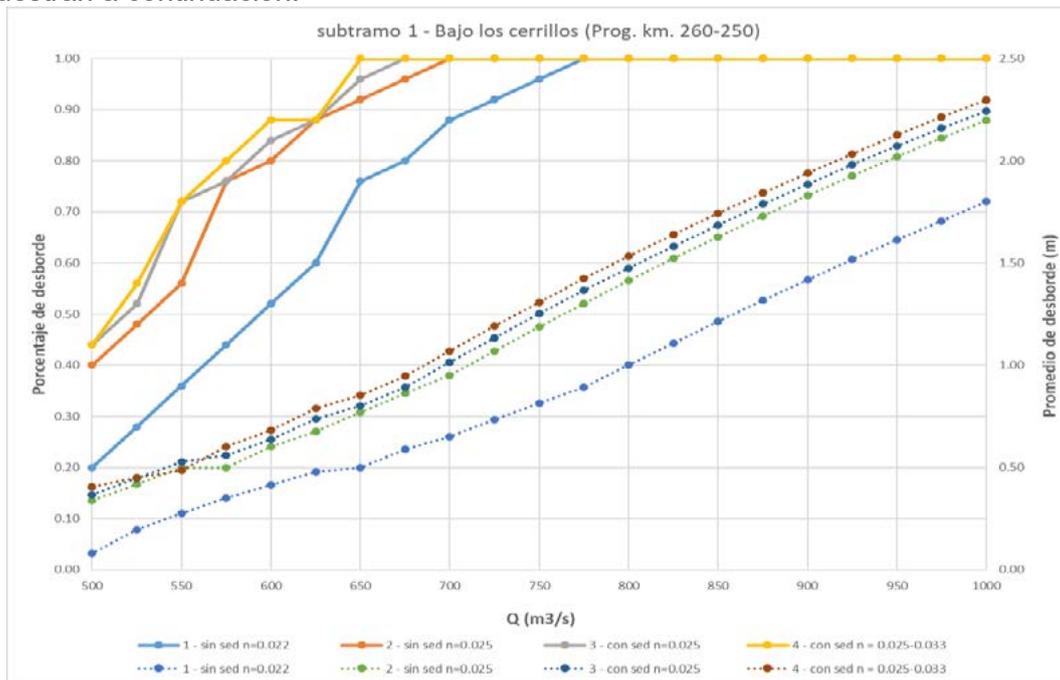


Figura 3 - Subtramo 1

Por ejemplo, para un caudal de 600 m³/s el cauce con sedimentación n=0.025 desborda en un 84% en un promedio de 0.64 m. Y para el mismo caudal, 600 m³/s, la geometría con

sedimentación considerando vegetación (4 – con sed. n:0.025-0.033) desborda en un 88% en un promedio de 0.68 m.

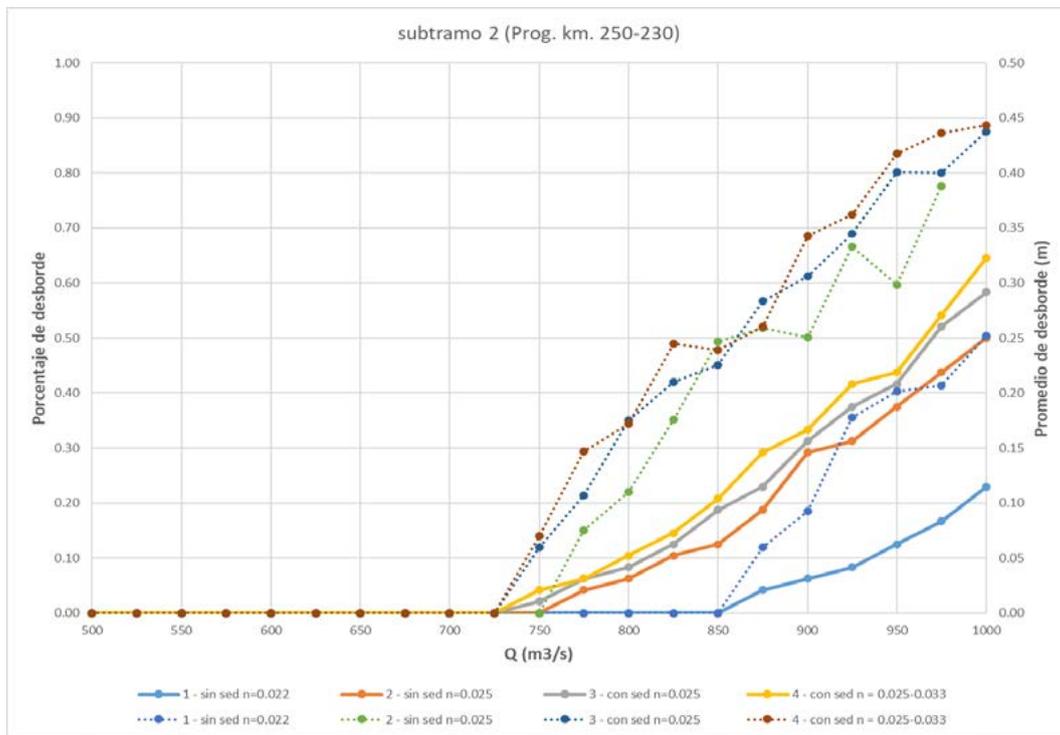


Figura 4 - Subtramo 2

Por ejemplo, para un caudal de 850 m³/s el cauce con sedimentación n=0.025 desborda en un 19% en un promedio de 0.23 m. Y para el mismo caudal, 850 m³/s, la geometría con sedimentación considerando vegetación (4 – con sed. n:0.025-0.033) desborda en un 21% en un promedio de 0.24 m.

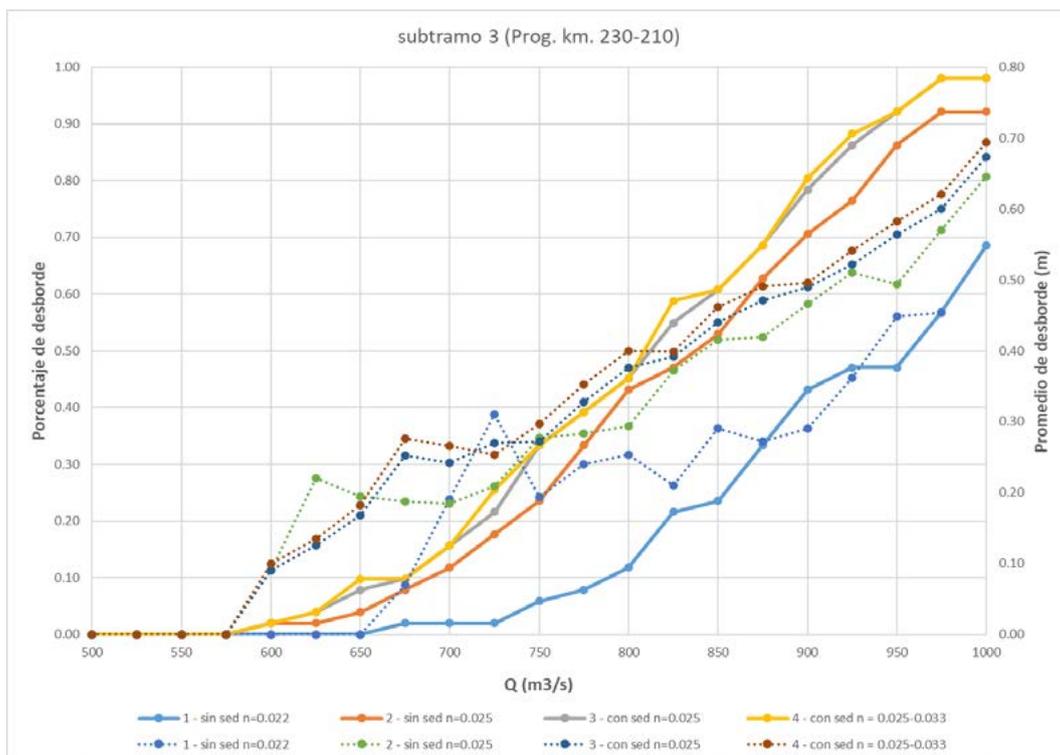


Figura 5 - Subtramo 3

Por ejemplo, para un caudal de $850 \text{ m}^3/\text{s}$ el cauce con sedimentación $n=0.025$ desborda en un 61% en un promedio de 0.44 m. Y para el mismo caudal, $850 \text{ m}^3/\text{s}$, la geometría con sedimentación considerando vegetación (4 – con sed. $n:0.025-0.033$) desborda en un 61% en un promedio de 0.46 m.

Resultados y discusiones

Los resultados obtenidos del análisis son que el caudal a sección llena del

- subtramo Bajo Los Cerrillos es del orden de $500 \text{ m}^3/\text{s}$
- subtramo medio es del orden de $900 \text{ m}^3/\text{s}$
- subtramo inferior es del orden de $700-750 \text{ m}^3/\text{s}$.

Concluyendo que el corredor fluvial seleccionado en general verifica la condición original establecida de que el cauce principal sea capaz de transportar un caudal de $700 \text{ m}^3/\text{s}$, a excepción del primer tramo, bajo los cerrillos, que por sus atributos particulares relacionados a su origen geomorfológico posee una capacidad menor.

A continuación, se muestra los perfiles longitudinales de las cotas de nivel de agua para cada uno de los caudales mencionados anteriormente a lo largo de todo el tramo en estudio progresiva km 210 – 260. Con sus respectivas velocidades.

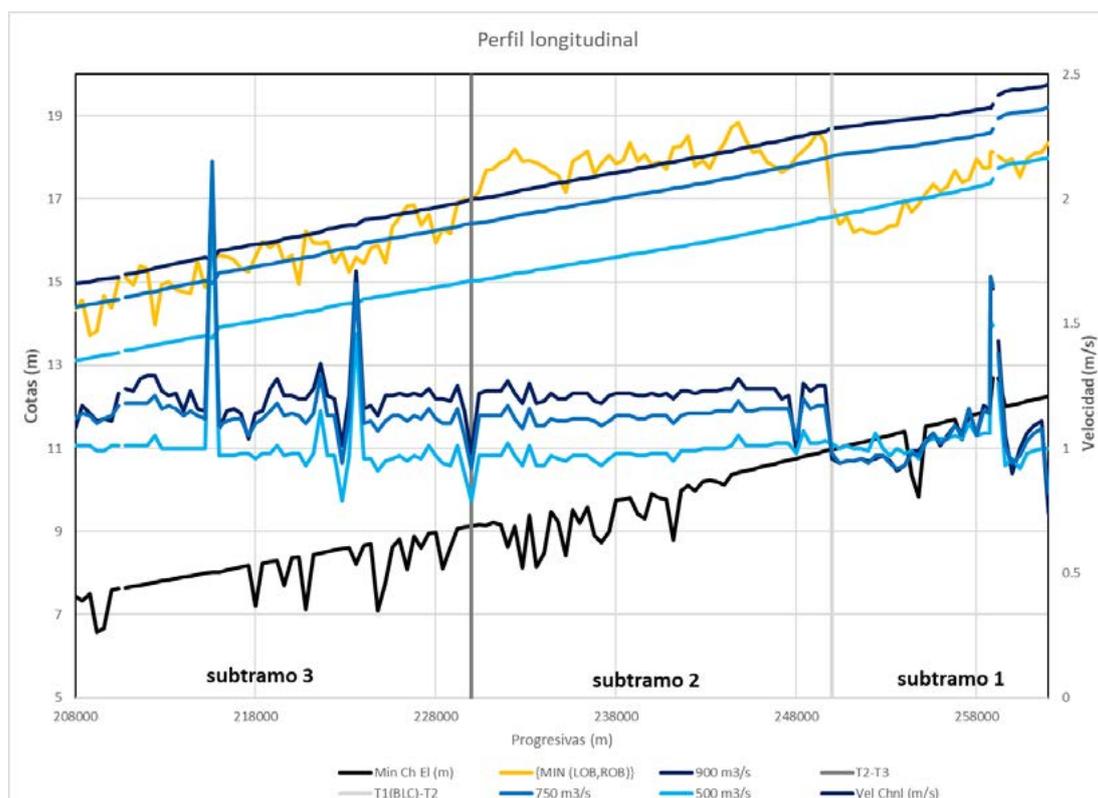


Figura 6 - Perfil longitudinal

Como se puede observar, en las progresivas km. 215 aproximadamente y km. 223 existen tramos que no fue readequados por cruces de infraestructura existentes, que provoca en una aceleración del flujo en dichos sectores. Un tratamiento detallado de los fenómenos locales observados fue estudiado por los autores y sus resultados se incluyen en otro trabajo presente en estas Jornadas ITEyE.

CONCLUSIONES

El presente estudio aporta resultados, observaciones y consideraciones sobre la evolución morfológica alcanzada en los últimos 10-15 años.

Podemos decir que la capacidad de la sección transversal del cauce principal no se ve afectada o disminuida por los procesos de sedimentación propios de la evolución morfológica.

De los estudios realizados se deduce que el caudal a sección llena del

- subtramo Bajo Los Cerrillos es del orden de 500 m³/s
- subtramo medio es del orden de 900 m³/s
- subtramo inferior es del orden de 700-750 m³/s.

Concluyendo que el proceso de evolución morfológica observada luego de 15 años no disminuye la capacidad de la sección transversal de proyecto.

Al mismo tiempo, la presencia de depósitos a lo largo del eje fluvial si otorga una restauración o remodelación tiende al patrón original de un río de llanura. De igual forma que lo comenta Bianchi (2017), el lento proceso de formación de altos y bajos fondos, con depósitos de margen interna que favorecen la revegetación, con tramos curvos de sección variable que generan flujos no uniformes, entre otros, son todos atributos fluviales beneficiosos y en el camino de la rehabilitación del río como continente de diversidad y hábitats.

Desde una perspectiva ambiental más amplia y teniendo en cuenta como ha sido el funcionamiento de los tramos inferiores canalizados entre 2004 y 2014, se considera destacable el valor intrínseco de la diversidad fluvial que inevitablemente se establece en las respuestas naturales de un sistema en equilibrio.

Existen señales que dan lugar a la interpretación de una evolución hacia la diversidad fluvial, es decir, "micro transformaciones" que transmiten carácter de río a un canal trapecial excavado pero que al propio tiempo no compromete la capacidad de proyecto como se demostró.

BIBLIOGRAFÍA

Seglie, J., Zombori, Z., Agabios, A. & Bianchi, G, 2010. "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.

Bianchi, G., 2015. "Avances del programa de investigaciones – estudios sobre la evolución morfológica del cauce del río Salado. Primeras observaciones y consideraciones", Terceras Jornadas de Investigación y Transferencia, 1a ed. - La Plata, UNLP, Abril de 2015.

Bianchi, Guillermo J. (2017), "Estudios sobre la evolución morfológica del cauce del río Salado Inferior" Actas del IX Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos (EMEAP), Mesa redonda: "Cuenca del Río Salado, Uso del suelo, Obras hidráulicas y Conservación", Expositores: Nancy Neschuk (DIPOH), Guillermo Bianchi (UNLP) y Néstor Gabellone (ILPLA); moderador: María Cristina Claps; La Plata, Argentina, noviembre de 2017.

Espil Nosa, F.H., 2021. "Estudios hidráulicos fluviales en el río Salado: puente sobre ruta nacional N°3 y evaluación de los tramos adyacentes readecuados", Cátedra de Proyecto Final, Facultad de ingeniería, UNLP, agosto de 2021.