

MODELACIÓN HIDRODINÁMICA DE UN RÍO MEANDRIFORME PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN EN MÁRGENES

Hector Daniel Farias¹, Lucas G. Domínguez Ruben² y Jorge Prieto Villarroya¹

¹Instituto de Recursos Hídricos FCEyT-UNSE, Argentina.

²CONICET-FICH-UNL, Argentina.

E-mail: h.daniel.farias.1@gmail.com, ldomingezruben@gmail.com, jorgeprietovillarroya@yahoo.com.ar

Introducción

El Río del Valle (en cercanías de Las Lajitas, provincia de Salta, Argentina), en su tramo próximo a la traza de la Ruta Provincial 5 y del Ferrocarril FFCCGB, exhibe un comportamiento fluvio morfológico altamente dinámico, caracterizado por un patrón de alineamiento en planta meandriforme con fuertes tendencias a desarrollar procesos de migración lateral y longitudinal, acompañados por frecuentes cortes de meandros. En el tramo de aguas abajo del puente ferroviario, un meandro de considerable amplitud se ha elongado y ha afectado con procesos erosivos al terraplén en el sector de máxima concavidad (Figuras 1 y 2). Para el control de la erosión se ha proyectado un conjunto obras flexibles, cuyo potencial desempeño se procura evaluar.

Objetivos

La finalidad del estudio es predecir el comportamiento hidráulico de estas obras, en particular lo relativo a los aspectos hidrodinámicos y estructura del flujo, detallando el análisis en las zonas de mayor interés en lo que respecta a la evaluación del desempeño de las obras de estabilización de la margen izquierda del río en el sector afectado (ver ubicación en Fig. 1).

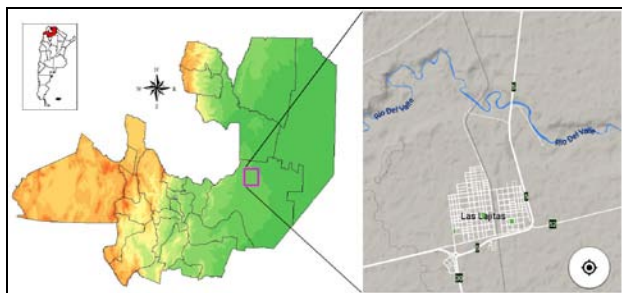


Figura 1.- Ubicación del Área de Estudio (Prov de Salta, Argentina).

Materiales y métodos

Los estudios de morfología fluvial indicaron una marcada actividad morfodinámica en las últimas décadas, principalmente manifestada con un cambio significativo de la producción de sedimentos por parte de la cuenca, fuertemente influenciada por la afectación de grandes espacios territoriales a las actividades productivas (agricultura y ganadería). Ello se puede vislumbrar en un dramático incremento de las áreas deforestadas desde la década de 1970 hasta nuestros días, según se pudo visualizar claramente en las imágenes satelitales históricas. La dinámica sedimentológica ha influenciado significativamente el aspecto fluvio morfológico del cauce, caracterizado por secuencias de trenes de meandros altamente evolutivos, con recurrentes eventos de elongaciones, migraciones longitudinales y laterales y cortas naturales por estrangulamiento y desbordes (o procesos combinados). Ese comportamiento también ha sido potenciado por las actividades antrópicas, ya que la tendencia recurrente del río a desarrollar procesos de migración lateral afecta la eficiencia de las actividades de laboreo y manejo de tierras, y los productores siempre están tratando de aplicar acciones de corrección en el alineamiento del cauce. Esa situación

promueve respuestas morfodinámicas del río, en forma de procesos asociados a una variedad de escalas espaciales y temporales, lo cual le confiere al sistema una singular complejidad. Dentro de este contexto, se llevó a cabo un análisis de estabilidad fluvio-morfológica del segmento de cauce fluvial que discurre (fundamentalmente aguas arriba) en la zona de influencia del sector correspondiente a los cruces del cauce con la traza del FF CC GB y de la Ruta Provincial Nro. 5 (RP5, Salta). El mismo comprende un tramo de unos 4 km aguas arriba de la RP5 y aproximadamente 1 km aguas abajo de la misma. Para ello, se seleccionó una secuencia de imágenes históricas y en ella se consideraron especialmente las escenas correspondientes a los años 2002, 2013 y 2016, que reflejan singularidades propias que conjugan acciones antropogénicas relevantes, con la ocurrencia de años hidrológicos activos en términos de generación de caudales (líquidos y sólidos) formativos de importancia (Figura 2).

El río discurre hacia el encuentro con la traza del FFCCGB con un sentido predominante SW-NE, a través de un patrón meandriforme bien desarrollado, con una faja de divagación de entre 700 m y 1200 m. El ancho del cauce activo es moderadamente variable (en el rango de 50 m a 80 m, con algunos sectores de sobreanchos en los extremos –barras empuntadas, ó “point-bars”-) de meandros de gran amplitud. Las bandas laterales de la faja de inundación sobre la planicie aluvial están en cierta medida confinadas por las actividades de movimiento de suelos vinculadas a los manejos de campos productivos en la región, razón por la cual no se puede afirmar que el desarrollo longitudinal y lateral de los meandros sea totalmente libre (Farias, 2017).

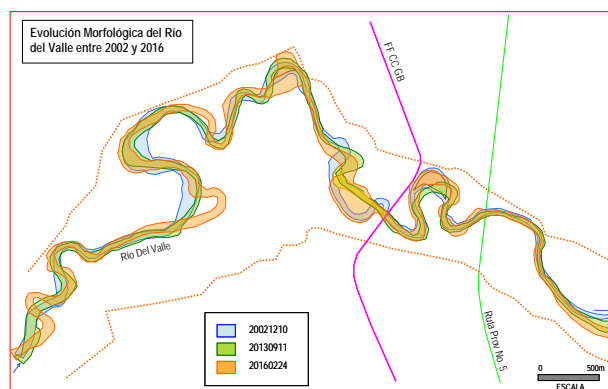


Figura 2.- Evolución morfológica del Río del Valle entre 2002 y 2016.

Unos 800 metros aguas arriba del cruce con el FFCCGB, la faja de divagación se re-orienta y tras un giro horario de casi 90° enfrenta la acometida a la traza con un sentido dominante NW-SE, desarrollando en ese sector un proceso de “apilamiento” (stacking) de meandros inmediatamente aguas arriba de la traza del FFCCGB. En ese sector, se han desarrollado importantes procesos morfológicos en las dos últimas décadas, los que serán analizados en detalle más adelante. Asimismo, en el sector comprendido entre las trazas ferroviaria y vial (FFCCGB y RP5, respectivamente) queda comprendida una zona cuasi-cuadrangular con una marcada e intensa actividad evolutiva de un meandro plenamente desarrollado que se ubica en esa área.

La Fig.2 muestra un análisis multi-temporal de las posiciones del cauce, que permite apreciar los sectores más afectados (Farias, 2017).

Obras de control de erosión

Ante la situación de marcada actividad morfodinámica, se dispusieron acciones de mitigación y control de los procesos erosivos en ese sector. La obra principal está conformada por un campo de 7 espigones deflectantes (numerados desde aguas arriba), en combinación con una cubierta continua en la zona afectada, tal como se indica en el esquema de la Fig. 3.

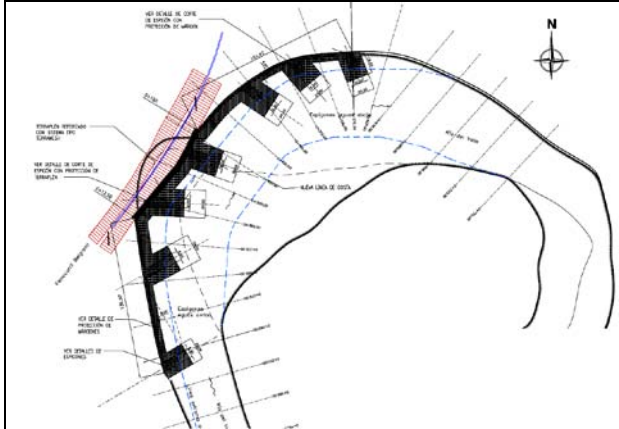


Figura 3.- Planimetría de las obras de control de erosión en el río.

Modelación hidrodinámica

El modelo numérico utilizado para la evaluación del comportamiento hidráulico en el tramo de río bajo análisis fue TELEMAC-MASCARET (Hervouet, 2007, Tassi, 2017). La justificación del uso de este modelo se encuentra asociada, entre otras cosas, al esquema de elementos finitos que utiliza el código, permitiendo controlar las condiciones de borde y logrando una gran adaptabilidad geométrica y una versatilidad que posibilitó la modelación numérica bidimensional sobre un ambiente natural y complejo, como es el río del Valle en el tramo seleccionado.

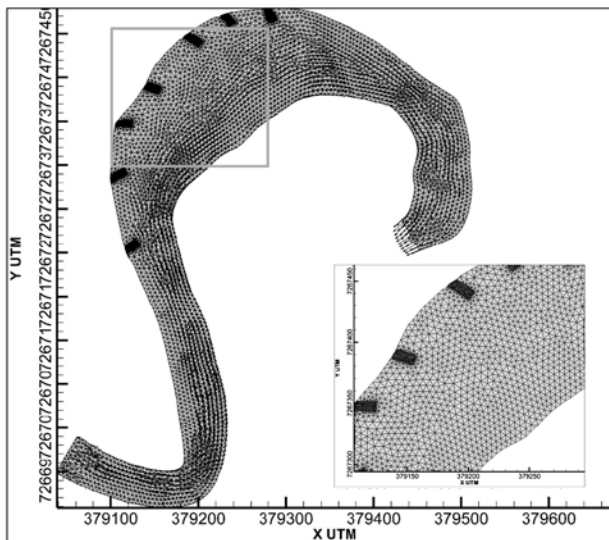


Figura 4.- Dominio computacional y detalle del sector de obras.

Entre los resultados más destacados del modelo se observa que el mismo es capaz de representar adecuadamente el flujo de recirculación en el recinto comprendido entre dos espigones consecutivos, lo cual promueve los procesos de deposición de sedimentos en esos sectores (Fig. 5), y el desplazamiento de los núcleos de velocidades máximas hacia el sector central del cauce (Fig. 6), inducidos por el efecto deflectante de los

espigones proyectados, alejando las velocidades máximas de las regiones de márgenes.

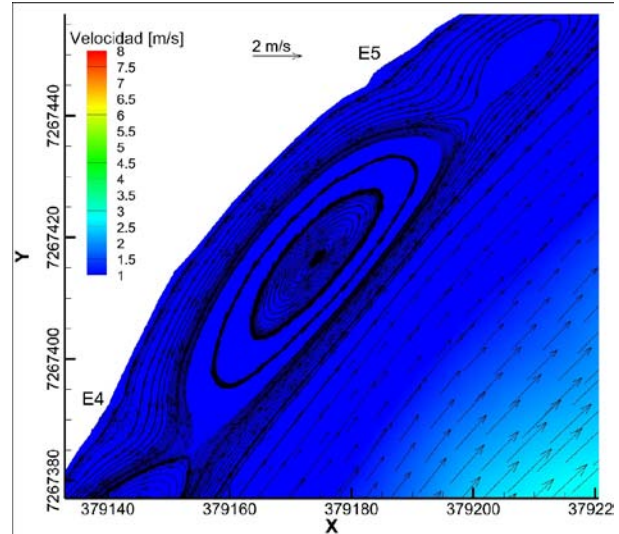


Figura 5.- Líneas de flujo y velocidades en el espacio entre espigones 4-5.

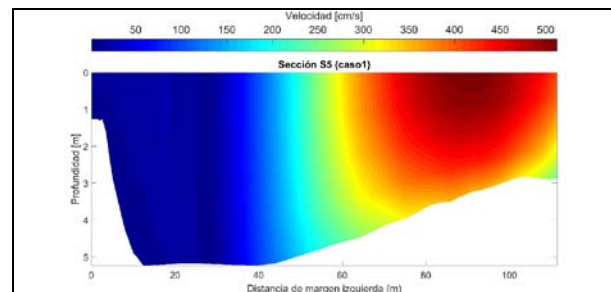


Figura 6.- Sección transversal XS5 (entre espigones 2 y 3).

Conclusiones

Los resultados de la modelación, aplicando el paquete computacional TELEMAC MASCARET 2D, han confirmado las principales hipótesis de funcionamiento de las obras proyectadas. En efecto, el análisis detallado de los resultados en lo que se refiere a la estructura del flujo expresada a través de los campos vectoriales de velocidades y las líneas de corriente en las regiones comprendidas entre dos líneas de espigones consecutivos, muestra claramente el desarrollo de un patrón de flujo de recirculación, con la presencia de estructuras en planta en forma de elipses elongadas, con velocidades del orden de 1.0 m/s y menores para los escenarios simulados (recurrencias de 50 y 100 años).

Estas estructuras del flujo, en especial para los caudales ordinarios (de recurrencias menores a las de diseño de las obras) propiciarán los procesos de sedimentación en los recintos comprendidos entre los espigones, fundamentalmente teniendo en cuenta la abundante carga sedimentaria transportada por este río. Se puede concluir que la disposición geométrica ("layout") del campo de espigones que se ha proyectado resulta adecuada para las condiciones hidráulicas simuladas, que se consideran representativas del comportamiento del cauce para los escenarios hidrológicos analizados..

Referencias bibliográficas

- Farias, H.D. (2017). "Análisis Hidráulico del Río del Valle en la zona de la Traza del FFCCGB". Informe Técnico NORVIAL S.A. Inédito.
- Hervouet, J.M. (2007), *Hydrodynamics of free surface flows, modelling with the finite element method*, Ed Wiley & Sons, 342 pp.
- Tassi, P.A. (2017). *Sisyphe release 7.2-User's Manual*. Available online at www.opentelemac.org.