

BALANCE SEDIMENTOLÓGICO SIMPLIFICADO PARA EL RÍO CUARTO, CÓRDOBA

Corral M.¹, Baldissone M.¹, Farias H.D.³, Rodríguez A.¹ y López F.¹.

¹Universidad Nacional de Córdoba., Av. Veléz Sarsfield 1601. TE: 4334446. mcorral@com.uncor.edu

²Dirección Provincial de Aguas y Saneamiento (DIPAS)

³Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina

Introducción

En las últimas décadas se ha observado en el cauce natural del Río Cuarto un continuo proceso de profundización del cauce, erosión y desestabilización de márgenes, movimientos de meandros, entre otros. Esto ha generado la afectación de obras de infraestructura como los puentes de la ciudad requiriéndose importantes inversiones para asegurar la estabilidad de las obras, como por ejemplo las obras de los azudes de los puentes Carretero y Ferroviario.

En la Figura 1 se muestra una serie de perfiles transversales sobre el Puente Malvinas, en donde se puede apreciar un descenso del lecho del orden de 5 m en 45 años (0,11 m/año).

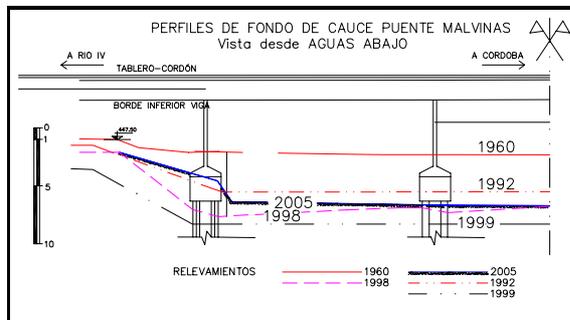


Figura 1.- Perfiles transversales sobre Puente Malvinas.

Existen causas naturales y antrópicas que son atribuidas a este problema. Entre las primeras se incluyen la modificación geomorfológico natural del cauce y cuenca de aporte, como aquellas derivadas de un cambio general del régimen de aporte de caudales al río. Entre las antrópicas pueden mencionarse modificaciones del uso del suelo en la cuenca (desmonte de bosque natural), intervención sobre el escurrimiento natural del río (azudes), o bien modificaciones en las tasas de aporte sedimentológico (extracción de áridos).

Los objetivos principales del presente trabajo han sido, en primer lugar determinar el aporte sólido al tramo urbano del río mediante el análisis de las mediciones topográficas, hidrométricas y sedimentológicas realizadas.

En segundo lugar ha sido evaluar la presión de la extracción de áridos sobre el cauce del Río Cuarto, mediante un balance sedimentológico simplificado. Para esto ha sido necesario cuantificar la erosión en el fondo con un modelo a largo plazo presentado en Corral et. al (2007), estimar la tasa de erosión lateral con el apoyo de fotografías aéreas e imágenes satelitales de alta resolución y relevar las explotaciones existentes.

Materiales y Métodos

Las actividades realizadas comprenden varios tópicos de la geomorfología y la hidráulica fluvial, entre las cuales se destacan:

a) Recopilación y análisis de antecedentes.

- Mediciones de campo topográficas, hidrométricas y sedimentológicas.
- Relevamiento de las explotaciones.
- Cuantificar la erosión lateral y de fondo con el apoyo de los modelos de erosión desarrollados.
- Realizar el balance sedimentológico del tramo.

Para la medición de caudales líquidos se han utilizado las técnicas convencionales de aforos con molinetes, como así también se ha emplazado un limnómetro en una de las secciones consideradas claves del estudio. La frecuencia de muestreo de éstas variables ha sido bimensual y en el período de estiaje y en cada evento de crecida.

Para la medición de caudales sólidos se ha desarrollado instrumental similar a la trampa para sedimentos diseñada por Helley y Smith (1971) con modificaciones ad hoc. Estos aforos sólidos han también una frecuencia bimensual y se han realizado en forma simultánea al aforo líquido. Para la medición del caudal sólido en suspensión se ha utilizado el muestreador US-DH48, en forma simultánea a los aforos de carga de fondo. Desde el punto de vista teórico se han comparado las mediciones con expresiones de la literatura.

Con el apoyo de herramientas estadísticas se ha determinado el aporte medio anual de sedimentos al tramo en estudio, basado en las mediciones de caudal líquido y con el empleo de la función de transporte seleccionada para el Río Cuarto.

Se ha relevado la actividad extractiva con mediciones volumétricas en las arenaras que realizan la mayor explotación. A su vez con el apoyo del catastro de la DIPAS se han estimado las extracciones para las 22 arenaras emplazadas en el sector.

Con el objetivo de determinar la evolución del fondo del río, se ha utilizado un modelo de erosión a largo plazo (ver detalles en Corral et. al, 2007) desarrollado específicamente para este caso (Figura 2).

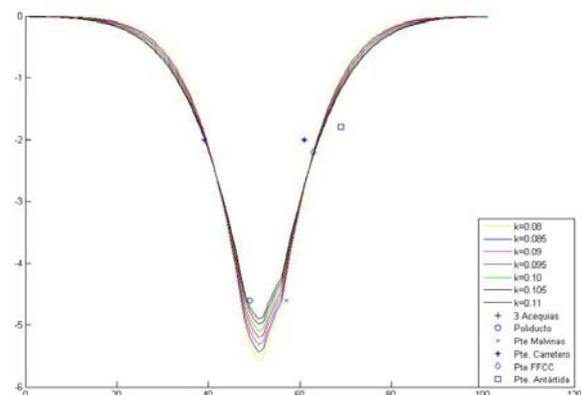


Figura 2: Modelo de corto plazo.

Para cuantificar la erosión lateral se ha realizado el análisis comparativo de dos escenas de la zona de estudio correspondientes al año 1970 y 2003. En el primer caso se contó con fotografías aéreas y para el año 2003 las

imágenes fueron obtenidas por el programa Google Earth. En ambos casos se georeferenciaron al Sistema Gauss Krüger de coordenadas planas en AUTOCAD.

Se ha realizado el balance de la fase sólida, permitiendo estimar los excesos y déficit presentes en el tramo, los cuales han sido comparados con las mediciones topográficas. Además se ha realizado un balance sedimentológico simplificado que ha permitido incorporar las extracciones laterales.

Resultados

Se han relevado las areneras existentes, el método de extracción y volumen, lo que ha permitido estimar el volumen de extracción anual en 300.000 m³.

Se analizaron los hidrogramas más significantes del período en estudio, los cuales tuvieron caudales pico entre 100 y 1.000 m³/s y se estimaron los parámetros de los mismos (caudal máximo, duración, volumen, caudal medio, etc.).

A partir de los aforos líquidos y sólidos durante las crecidas se ha seleccionado como estimador para el caudal sólido la función de transporte de MPM modificada por Engelund-Fredsoe (Corral et al., 2006). A su vez debido a la disponibilidad de una serie continua de caudales líquidos se ha confeccionado la correspondiente serie de caudal sólido que ingresa al tramo y se ha integrado en el tiempo para estimar el volumen depositado en el tramo. El volumen de depositación obtenido es del mismo orden que el relevado topográficamente en las secciones.

Para determinar el aporte medio anual en forma estadística, se ha considerado la curva de frecuencia de caudales la cual vincula la probabilidad de ocurrencia con el caudal líquido y con la función de transporte el caudal sólido. Del análisis estadístico ha surgido que el valor esperado del caudal sólido es del orden de 50.000 m³/año.

Del análisis en planta del río entre los años 1970 y 2003 se ha estimado que la tasa de erosión lateral es de 6,4 m/año y que las márgenes se han erosionado con un volumen medio de 114.000 m³/año.

De la aplicación del modelo sedimentológico desarrollado, el cual ha sido calibrado con las mediciones de campo, ha permitido estimar una tasa de erosión del lecho de 100.000 m³/año.

Con estos valores se ha realizado el balance sedimentológico del tramo, el cual ha sido de una precisión adecuada para el objetivo del trabajo.

Conclusiones

Del relevamiento de las areneras se ha estimado un volumen de extracción anual de 300.000 m³.

Del análisis de los hidrogramas medidos y la aplicación de las expresiones adoptadas, surge que para una serie de 3 eventos con caudales 1.000 m³/s y 300 m³/s, el transporte sólido de fondo se encuentra en el orden de 90.000 m³. Este valor ha sido verificado con las mediciones topográficas. Del análisis estadístico ha surgido que el valor esperado del caudal sólido que ingresa al tramo es del orden 50.000 m³/año.

Con respecto a la erosión lateral, se ha estimado una tasa de 6,4 m/año y un volumen medio de 114.000 m³/año de erosión. A su vez el modelo sedimentológico del fondo, el cual ha sido calibrado con las mediciones de campo, ha permitido estimar una tasa de erosión de 100.000 m³/año.

Con estos valores se ha realizado el balance sedimentológico del tramo, el cual ha sido de una precisión adecuada para el objetivo del trabajo.

Referencias Bibliográficas

Corral M., Baldissone M., García C., Díaz A., Gonzalez J., Rodriguez, Farías H. D. (2007): *Modelo de onda difusiva para procesos erosivos a largo plazo. Caso de estudio: Río Cuarto, Córdoba.* Tercer Simposio Regional sobre Hidráulica de Ríos. 2007, Córdoba.

Helley, E.J. y Smith, W. (1971): *Development and calibration of a pressure difference bedload sampler.* USGS Water Resources Division Open-file report. 18 p.

Rosati, J.D. and N.C. Kraus. (1989): *Development of a portable sand trap for use in the nearshore.* Technical Report CERC-89-11, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.