

INFLUENCIA DE LA EXTRACCIÓN DE ARIDOS EN RÍO CUARTO: MODELACIÓN Y MEDICIONES

Corral M.¹, Baldissone M.¹, Hidalgo M.¹, Díaz A.^{1,2}, Farías H.³, Rodriguez A.¹ y López F¹.

¹Instituto Superior de Recursos Hídricos, UNC. Av. Veléz Sarsfield

²Dirección Provincial de Aguas y Saneamiento (DIPAS)

³Universidad Nacional de Santiago del Estero. Argentina

E-mail: mcorral@com.uncor.edu

RESUMEN

En las últimas décadas se ha observado un continuo descenso generalizado en el cauce natural del Río Cuarto de Córdoba, Argentina, sometido a actividades de explotación como la extracción de áridos.

Las actividades de extracción de áridos provocan un claro desequilibrio en el lecho del río debido a un desbalance sedimentológico, lo cual acelera los procesos de erosión que se manifiestan en el cauce del río con cambios de pendiente, erosión local y general, etc. Estos procesos erosivos comprometen la estabilidad de diversas estructuras emplazadas en el mencionado río, lo cual se traduce en millonarias inversiones en infraestructura.

En este trabajo se presentan resultados del comportamiento del cauce en diferentes períodos hidrológicos en base al análisis del relevamiento topográfico efectuado sobre el cauce del río. Se estima además el déficit generado por la actividad de extracción comparando el volumen medio anual esperado de sedimentos que puede aportar el río con la magnitud de la real extracción de las areneras, calculada a partir de mediciones in-situ y a partir de un balance sedimentológico del tramo.

Por último se caracteriza espacio-temporalmente la influencia de la extracción a partir de la aplicación de un modelo hidro-sedimentológico desarrollado especialmente para el caso en estudio; permitiendo representar como se materializa y distribuye en el espacio, el déficit de sedimentos.

ABSTRACT

A continuous generalized degradation process of the natural bed level of the Cuarto River (Córdoba, Argentina) has been observed during the last decades. Sand mining activities are common in the cited river.

The sand mining activities modify the sediment balance in the river affecting the river slope and generating local and general degradation process which compromise the stability of the bridges, and hydraulics structures located in the river.

First, field measurements are presented here monitoring the river bed evolution during different hydrological periods presenting high and low flow discharges. Effects of sand mining activities are evaluated comparing the expected annual volume of sediment generated by the River with the magnitude of the mining production, calculated from in-situ measurements and also from a sediment balance in the river reach.

Finally, the temporal and spatial evolutions of the effects of the mining activities are evaluated using a numerical model specially developed during this study.

INTRODUCCION

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).

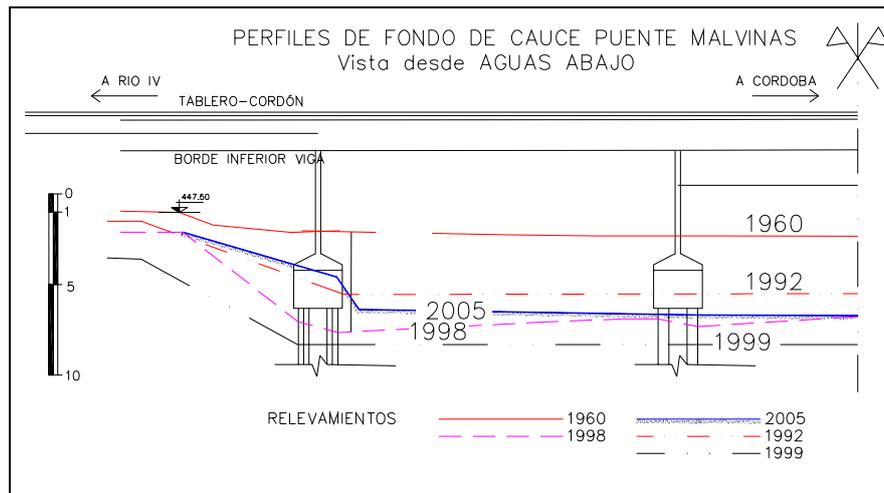


Figura 1.- Perfiles transversales sobre Puente Malvinas.

Los objetivos principales del presente trabajo han sido, en primer lugar determinar el aporte sólido al tramo y en segundo evaluar la influencia de la extracción de áridos sobre el cauce del Río Cuarto.

MATERIALES Y MÉTODOS

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

- Recopilación y análisis de antecedentes.
- Mediciones de campo topográficas, hidrométricas y sedimentológicas.
- Relevamiento de las explotaciones.
- Balance sedimentológico del tramo.
- Desarrollo de modelos numéricos y aplicación.

En cuanto a mediciones; se han determinado a partir de mediciones limnimétricas los caudales líquidos; campañas para determinar conjuntamente caudal sólido en suspensión (Trampa US-DH48) y de fondo (Trampa Helley y Smith).

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 Río Cuarto a partir de los datos medidos.

Se ha relevado la actividad extractiva con mediciones volumétricas en las areneras que realizan la mayor explotación.

Se ha realizado el balance de la fase sólida, permitiendo verificar el déficit. A su vez se ha desarrollado un modelo sedimentológico unidimensional que permite incorporar extracciones laterales, lo que ha permitido estimar cómo el déficit de sedimentos se distribuye en el espacio y el tiempo.

RESULTADOS

En las Figura 2 se presenta la evolución de la topografía para el tramo de las areneras.

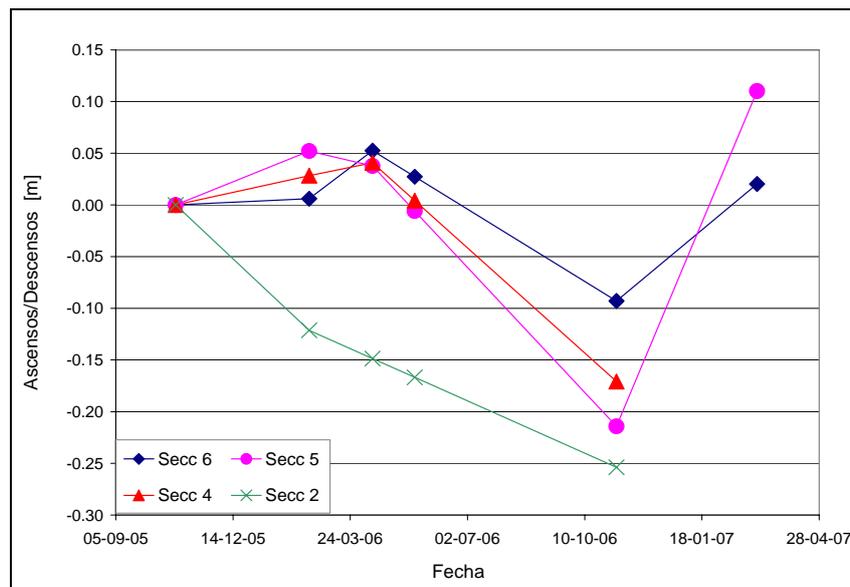


Figura 2.- Variación de la cota de fondo. Tramo I (areneras).

Se observa que ambas temporadas de crecida la cota del fondo de la mayoría de las secciones se recupera y aumenta y contrariamente se observa que en época de estiaje se produce la degradación del cauce.

Si se considera el período entre crecidas, que comprende desde 12/04/06 hasta 6/11/06 (5 meses), se computa que en promedio las secciones 2, 4, 5 y 6 reflejan un descenso en su cota de 0,18 m con un máximo de 0,25 m en la sección 5, lo que extrapolado anualmente resulta en un promedio de 0,43 m/año.

El mismo análisis para las secciones dentro del tramo urbano evidencian un descenso promedio del orden de 0,13 m/año, evidenciándose una recuperación en el verano 06/07 con un valor promedio de 0,17 m debido a la ocurrencia de crecidas de considerable magnitud (1000, 400 y 100 m³/s) con períodos de recurrencia de hasta 18 años

Con los mismos datos topográficos de las secciones transversales se puede estimar los volúmenes resultantes por períodos. En la Tabla 1 se muestran dichos valores.

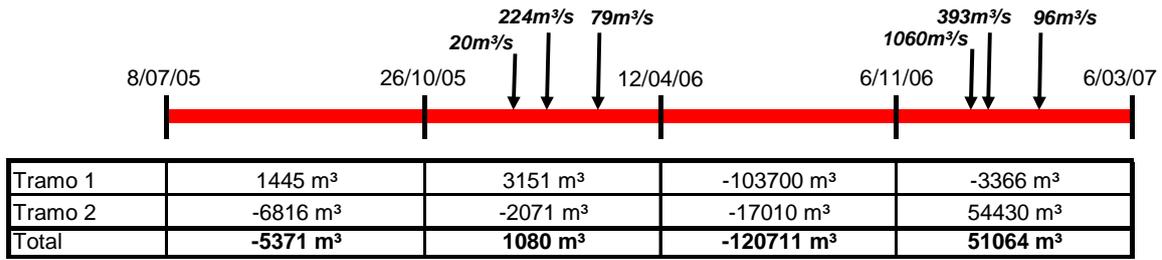


Tabla 1.- Variación de los volúmenes entre periodos.

El aporte de material al tramo fue determinado a partir de la serie de caudales líquidos con la que se cuenta y empleando una transformación Q_s-Q_l , además de la adopción de ciertas hipótesis del tramo. Por otro lado, teniendo en cuenta las extracciones como parámetro calibración se logra adecuar un modelo de balance que luego fue comparado con el resultado de las mediciones topográficas realizadas.

De acuerdo a este balance, el volumen extraído oscila entre 22.000 y 25.000 m³/mes, valor del mismo orden que el obtenido en el relevamiento volumétrico de las areneras (28.600 m³/mes). En promedio las extracciones son del orden de 300.000 m³/año.

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 para los caudales más frecuentes (entre 4 y 10 m³/s) el caudal sólido es de 18.000 m³/año, mientras que el valor esperado de caudal sólido en crecidas es del orden de 31.000 m³/año. Estos valores suman un orden de 50.000 m³/año.

De la comparación entre el aporte y las extracciones surge que el tramo se encuentra en déficit, con un orden de 250.000 m³/año. El aporte representa el 17% de las extracciones.

Con el objeto de representar cómo se manifiesta en el cauce el déficit estimado, se ha desarrollado un modelo numérico sedimentológico, donde se ha simulado una serie de extracciones equivalentes a las producidas por las areneras sólo durante los 5 días de la semana y durante el fin de semana sin extracción.

El máximo descenso se ubica en el lugar de la extracción y es del orden de 0,074 m, donde la extracción puntual se extiende igualmente hacia aguas arriba y abajo (Figura 3) en una importante longitud produciendo un proceso de difusión.

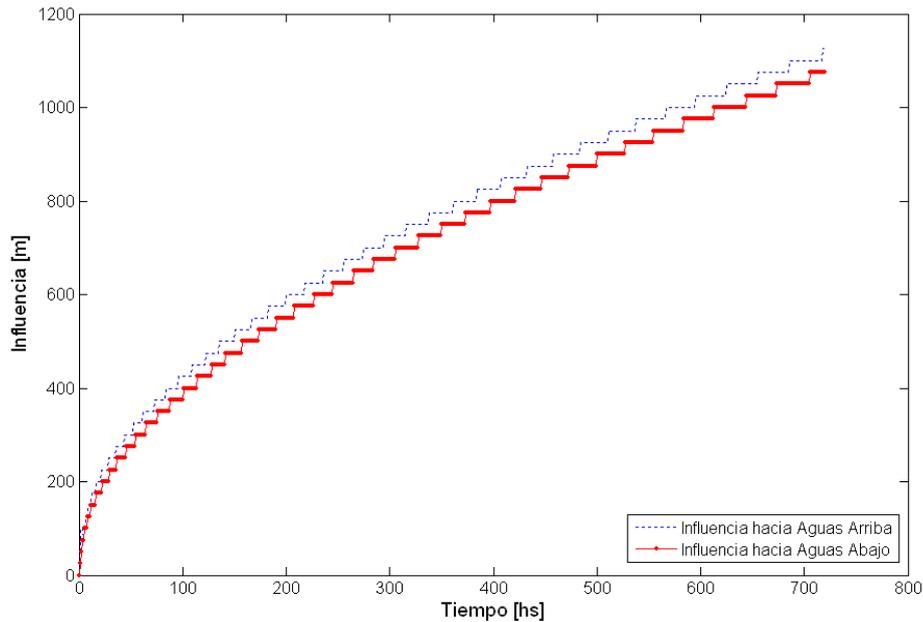


Figura 3.- Propagación Espacio-Temporal de la perturbación en el fondo

La influencia hacia aguas abajo y arriba es prácticamente simétrica y alcanza un valor del orden de 1.100 m en 1 mes. Si se analiza el final de la simulación, se llega a un régimen permanente de los descensos con una velocidad de la perturbación de 22 m/día (8 Km/año).

En la Figura 4 se muestra la variación de la cota del lecho en una simulación de dos años (en color verde la sección de la incisión). En el detalle (sector inferior de la figura) se presenta la variación diaria destacándose la recuperación durante los fines de semana, por el cese de actividades.

Se puede observar además el comportamiento asintótico al final de la simulación, lo que determina una pendiente del orden de 0.000319 m/día (0.12 m/año). Este valor es del similar a los descensos históricos registrados (ver Figura 1).

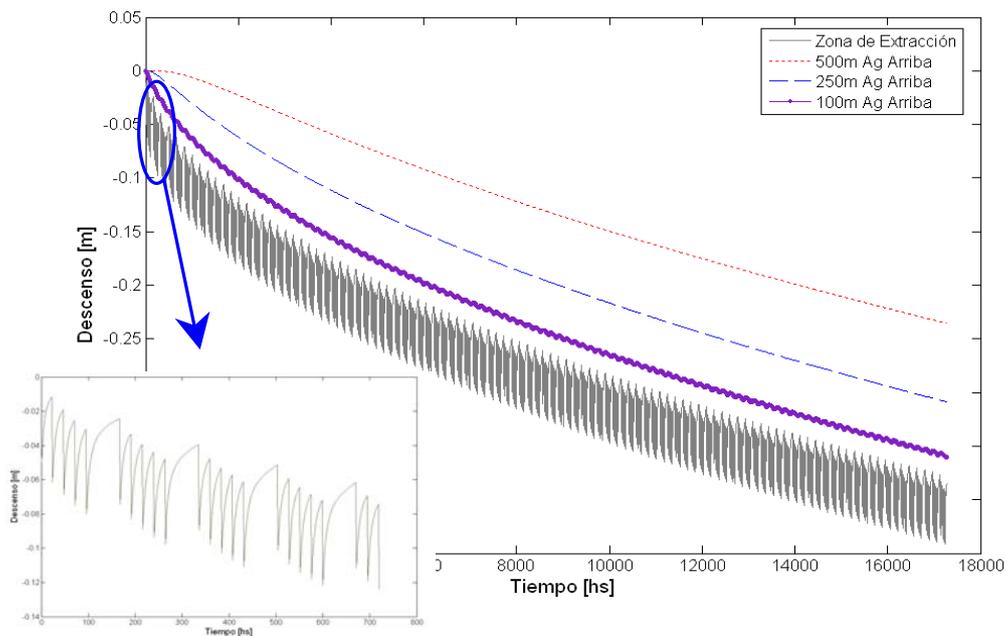


Figura 4.- Variación de la cota de fondo en la zona de las arenas

CONCLUSIONES

De la comparación entre los aportes (50.000 m³/año) y las extracciones (300.000 m³/año) surge que el tramo se encuentra en déficit, en el orden de 250.000 m³/año. El aporte representa el 17% de las extracciones.

Los relevamientos topográficos registraron en la zona de las areneras una tasa de descenso promedio de 0,43 m/año, y en la zona de la ciudad, una tasa promedio de 0,13 m/año.

La tasa de propagación de la influencia alcanza para el caso del río en estudio un valor de 22 m/día alcanzando una longitud del orden de 8 Km/año.

De manera similar a lo anterior y para condiciones continuas y permanentes de aporte y de extracción, el descenso producido en el fondo del lecho se hace permanente alcanzando un valor de 0,12 m/año. Este valor ha sido verificado con mediciones.

En base a los resultados disponibles surge que la DIPAS debería incrementar sus controles y restricciones a las extracciones de áridos para mantener en cauce del Río Cuarto en condiciones más estables a las actuales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corral M., Baldissone M., Díaz A., Farías H., Pagot M., Rodriguez A., Lopez F., González J., Plenkovich G., Bartolomei R., Bazán G. y Muratore H. (2006): *Influencia de la extracción de áridos en el Río IV, Córdoba.* III Congreso Iberoamericano sobre Control de la Erosión y los Sedimentos, Buenos Aires, Argentina.

Corral M., Hillman G., Pagot M., Moya G., Baldissone M.1, Rodriguez A., Lopez F.1,2, Hiruela J., Martínez R1, Díaz A., González J., Bazán G. y Muratore H. (2005): *Influencia de la extracción de áridos en los ríos II y IV de Córdoba.* 2º Simposio Regional Sobre Hidráulica de Ríos, Neuquen, Argentina.