

INCISIÓN DEL LECHO DEBIDO A LAS EXTRACCIONES DE ÁRIDOS

J. P. Martín-Vide y C. Ferrer-Boix

Universitat Politècnica de Catalunya

Jordi Girona 1-3, D1. 08034 Barcelona. España E-mail: vide@grahi.upc.edu, carles.ferrer@upc.edu

Introducción

El río Gállego es un río regulado por tres presas: La Peña , Ardisa y Búbal . Se dispone de los datos de una estación de aforos al pie de la presa de Ardisa cuya serie cubre el periodo 1913-1987. El tramo objeto de estudio abarca los últimos 20 km, los más cercanos a la desembocadura, donde los cambios en la planta y en el perfil han sido mayores en las últimas décadas. A 11 km de la desembocadura se sitúa un pequeño azud (Urdán) (Fig. 1). Aunque la estación de aforos de Ardisa está a cierta distancia del área de estudio, sus datos (caudales medios diarios y de avenidas) se consideran válidos debido a las pocas aportaciones que recibe el Gállego entre la estación y el tramo de estudio y a la aridez de dicha zona. Del análisis de la curva de caudales clasificados de los 76 años de datos se obtiene un caudal $Q_1 = 374 \text{ m}^3/\text{s}$, representativo de los 76 datos más elevados, $Q_2 = 241 \text{ m}^3/\text{s}$, media de los segundos 76 datos más elevados, y sucesivamente, $Q_3 = 207 \text{ m}^3/\text{s}$ y $Q_4 = 177 \text{ m}^3/\text{s}$. El caudal punta correspondiente a un periodo de retorno de 500 años alcanza los $1765 \text{ m}^3/\text{s}$ mientras el correspondiente al periodo de retorno de 50 años es de $1210 \text{ m}^3/\text{s}$. En las últimas décadas una avenida alcanzó $1260 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 1.- Plano de situación y tramo de estudio.

Descripción de la incisión

En el tramo de estudio (Fig.1) y durante las últimas décadas se han producido grandes incisiones. La Figura 2 es una fotografía del río hacia aguas abajo tomada el año 2004 a 9 km (coordenada $x = 9 \text{ km}$) de la desembocadura en el Ebro. La margen izquierda se mantiene a la misma altura que la llanura de inundación original (años 40), mientras la margen derecha ha sido erosionada durante el proceso de incisión. Nótese el tamaño grueso del material tanto de los depósitos como de las márgenes. En este tramo se han producido erosiones superiores a los 5 m. La vegetación ha desaparecido prácticamente en las riberas y las llanuras de inundación.



Figura 2.- Fotografía del río (hacia aguas abajo) mostrando la incisión producida.

Al proceso de incisión lo ha acompañado un espectacular cambio en planta, tal como se observa en la Figura 3 . En la Figura 4 se resume la información reunida del perfil longitudinal, que incluye datos de mitad de siglo, mediados de la década de los 70 así como de 1992 y 2004. De su análisis se desprenden algunas consideraciones. En primer lugar, no se observan incisiones significativas con anterioridad a los datos de principio de los 70. En segundo lugar, se han producido graves erosiones aguas abajo del azud de Urdán desde aquel momento.



Figura 3.- Cambios en planta del río Gállego: 1946(izquierda), 1957 (centro) y 2004 (derecha).

Extracción de áridos

El volumen de áridos extraídos (en miles de m^3) desde 1963 se muestra en los cuatro histogramas de la Figura 3. Las flechas indican la localización del centro de cada zona de extracción. Para el análisis se han realizado dos hipótesis: el material extraído en una concesión, ha sido extraído en su totalidad el mismo año en que ha sido concedida la extracción, el volumen extraído coincide con el volumen concedido. Un hecho interesante de la Figura 3 es que las erosiones avanzan aguas arriba desde los centros de las zonas de extracción o graveras, sugiriendo una propagación hacia aguas arriba de la erosión del lecho. En la misma se ha insertado la historia de las avenidas más importantes desde 1959. La Tabla 1 resume la erosión del lecho en dos periodos de tiempo (el signo menos significa descenso). Los valores de la tabla se han obtenido promediando el descenso del lecho para cada uno de los tramos considerados.

Tabla 1.- Valores medios de la incisión en distintas épocas.

Distancia	incisión 1962-1987	incisión 1988-2004
km	m	m
0-1.83	-0.99	-
1.83-3.50	-2.00	-
3.50-5.80	-3.64	-
5.80-8.30	-4.86	-0.40
8.30-11.09	-3.36	-1.47

Modelo de transporte sólido

Se ha elaborado un modelo simple de transporte basado en un balance de masa y se ha aplicado al tramo de estudio del río Gállego. Los 20 km de río de interés se han dividido en 8 tramos (véanse los 5 tramos más cercanos a la desembocadura en la Tabla 1). El modelo está basado en una ecuación de transporte de fondo y en un algoritmo que determina si el transporte está controlado por la capacidad de transporte o por la disponibilidad de material (Martín-Vide, 2002). El balance de masa compara el volumen que entra y que sale de cada tramo. Se han usado 4 fórmulas de transporte sólido: Einstein-Brown (E-B), Meyer-Peter and Müller (MPM), Smart-Jaeggi (S-J), (Rickenmann, 1991), (Smart, 1984) y finalmente la fórmula de Parker (Parker, 1990). Todas las ecuaciones se han aplicado por fracciones de material. Las tensiones tangenciales se han calculado promediando los resultados de un modelo hidráulico en régimen permanente gradualmente variado (HEC-RAS).

A continuación se detalla un análisis básico del proceso de incisión mostrado en la Figura 2, únicamente para los 11 km de río situados aguas abajo del azud de Urdán. Durante el periodo 1962-1987, el volumen total de material extraído fue de 965,000 m³. Por contra, durante el periodo 1988-2004, no se concedió ninguna licencia de extracción. Los volúmenes de material perdido, obtenidos a través de integración del perfil longitudinal fueron 1,818,200 m³

entre 1962 y 1987 y 346,000 m³ entre 1988 y 2004. Combinando estos valores con los resultados del modelo de transporte se obtiene el siguiente balance de sedimentos: (Volumen entra) – (Volumen sale) – (Volumen extraído) = (Cambio Volumen).

Tabla 2.- Balance de sedimentos para las 4 ecs de transporte.

Periodo	Balance E-B	Balance MPM	Balance S-J	Balance Parker
	m³	m³	m³	m³
1962-1987	-1,010,000	203,000	776,000	831,000
1988-2004	-1,130,000	181,000	321,000	331,000

La Tabla 2 muestra los resultados del balance de masa. Para que el balance se verifique es necesario que el resultado de la misma sea nulo

Conclusiones

En el río Gállego se han encontrado incisiones superiores a los 5 m, en un proceso que se inició a comienzos de la década de 1970. La extracción de sus gravas (15-20 mm) es la única causa plausible de las grandes erosiones producidas. Existe en el proceso una cierta “inercia” entre la causa y el efecto, puesto que el proceso de incisión no ha acabado todavía si bien las extracciones finalizaron en 1988. La extracción áridos es causa directa del proceso de incisión. La incisión sin embargo, puede aumentar la tensión tangencial media en el fondo para los mismos caudales, y de esta manera agravar el proceso de erosión del lecho.

Referencias Bibliográficas

Martín-Vide, J.P. (2002). *Ingeniería de ríos*. Barcelona: UPC.
 Parker, G. (1990). “Surface-based bedload transport relation for gravel rivers”. *Journal of Hydraulic Research*, 28, (4), 417-436.

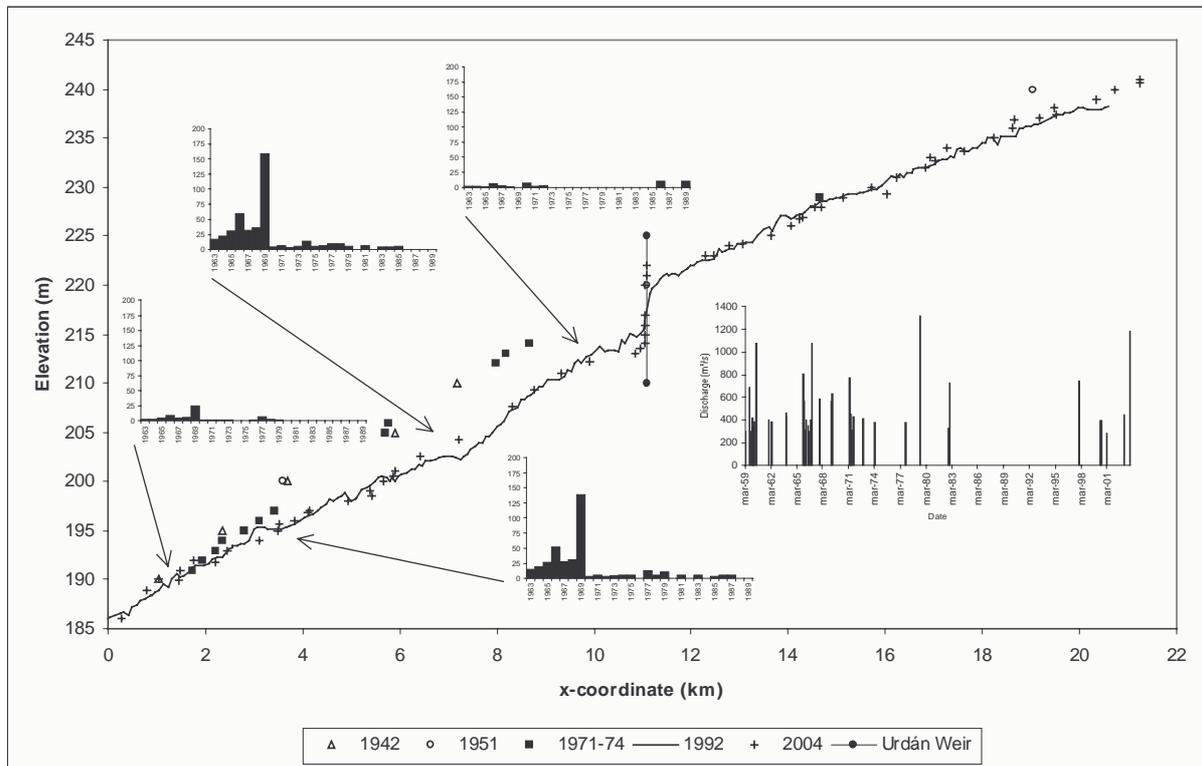


Figura 4.- Perfil longitudinal en distintas épocas. Obsérvense los histogramas de las extracciones llevadas a cabo (en miles de m³) y su ubicación. También se adjunta el histograma de los caudales punta de las avenidas más importantes registradas en Ardisa desde 1959.