

Análisis de la evolución reciente de la morfología del cauce del Bajo Gállego en las proximidades de Zaragoza: influencia de las actuaciones humanas en su entorno.

A.MARCOS GONZALEZ
INYPSA, c/General Díaz Porlier 49, 28001 Madrid

RESUMEN

El análisis de la documentación histórica de los últimos 200 años sobre el tramo más bajo del río Gállego así como un estudio de sus actuales características morfodinámicas, ponen de manifiesto los drásticos cambios sufridos por el citado cauce en las tres últimas décadas. Se proponen como causa fundamental de dichas modificaciones las actuaciones humanas en el entorno del río (extracciones de gravas, vertidos incontrolados de residuos sólidos), las cuales han alcanzado enormes proporciones en los últimos años, generando entre otras alteraciones el actual proceso de encajamiento del cauce y un aumento de los procesos erosivos de la zona.

Palabras Clave: Dinámica fluvial. Alteraciones antrópicas del medio ambiente. Cuaternario. Bajo Gállego. Cuenca del Ebro.

ABSTRACT

A deep analysis of the historical data regarding the evolution of the Gallego river during the last 200 years, focusing on its downstream zone (in the vicinity of Zaragoza, Spain), as well as a study of its morphodynamics, have shown the drastic changes experimented by the referred stream during the last three decades. The main cause for those modifications relates to the human activities accomplished in the surroundings of the river (such as gravel extractions or non-controlled solid dumpings), which have reached considerable proportions during the last years, allowing narrowness processes of the stream, an overall increase in the strength of the erosion and the subsequent potential risk of outflows for the studied zone.

Key words: Fluvial morphodynamics. Men-caused distortions over the environment. Quaternary. Downside Gallego. Ebro basin.

INTRODUCCION

En este trabajo se presentan los principales resultados del análisis de la morfología fluvial del sector meridional del Bajo Gállego. Dicho análisis ha servido de base para un estudio de regeneración ambiental de las riberas de dicho tramo del río (Marcos González et al., 1989) realizado para el Servicio de Medio Ambiente del Excelentísimo Ayuntamiento de Zaragoza.

La zona estudiada abarca el cauce del río Gállego y sus áreas colindantes desde el entorno de la Cartuja de Aula Dei hasta la desembocadura de este río en el Ebro, tal y como se muestra en la figura 1.

Los objetivos de este trabajo han sido conocer la evolución reciente de la morfología y dinámica del cauce del río, y constatar los cambios sufridos por ellas y la posible influencia en dichas modificaciones de las actuaciones humanas en el entorno del cauce (extracciones de gravas y vertederos incontrolados).

CONTEXTO GEOLOGICO

Geológicamente el área de estudio forma parte de la Depresión Terciaria del Ebro y, dentro de ella, ocupa un sector del amplio valle que el río Gállego posee en su tramo final (figura 1).

El valle tiene su origen en un profundo surco existente en los materiales margo-yesíferos terciarios circundantes e infrayacentes. Dicho surco se

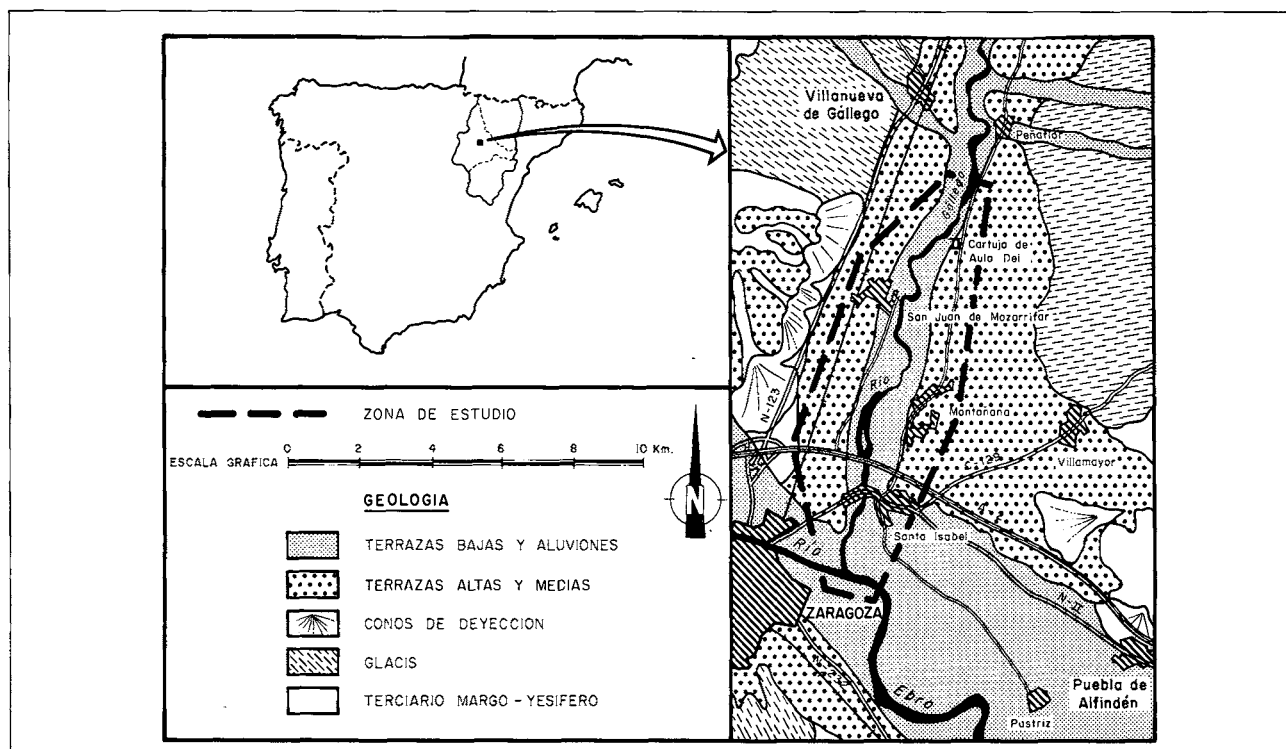


Figura 1.- Encuadre geográfico y geológico de la zona de estudio. Base geológica modificada de Alberto Giménez et al.(1984).

Figure 1.- Geographical and geological framework of the studied area. Geological basis modified from that of Alberto Giménez et al.(1984).

encuentra actualmente relleno por los depósitos fluviales cuaternarios (principalmente de terraza) que alcanzan, para el área estudiada, espesores del orden de los 60-70 metros (Sánchez Navarro et al.,1988; Briz, 1989).

El relieve del valle se encuentra condicionado por los depósitos fluviales del río Gállego, y se compone de una serie de terrazas encajadas que configuran una morfología llana con suave descenso en graderío por ambas márgenes hacia el cauce fluvial. De la sucesión de terrazas general del valle del Bajo Gállego se hallan representados en la zona analizada los niveles bajos y medios que han sido estudiados por varios autores (Mensua e Ibáñez,1977; Calvo Palacios,1979; Alberto Giménez et al.,1984; Gutiérrez Elorza y Peña Monné,1989; Marcos González et al.,1989).

METODOLOGIA

Para evaluar los cambios sufridos en la dinámica de este sector del río Gállego, se llevó a cabo un análisis histórico de la morfología del cauce fluvial en base a la información existente (Marcos González et al.,1989). Dicho estudio consistió en:

- Análisis de la cartografía existente. Mediante la recopilación de antiguos mapas de la zona en las cartotecas del Instituto Geográfico Nacional y del Servicio Geográfico del Ejército, se obtuvo información del cauce del río en los años 1806, 1820, 1866, 1927, 1951 y 1959.

- Análisis de las series de fotografías aéreas disponibles. Estas imágenes aportaron una información muy completa y detallada sobre la morfología y dinámica del río. Su fotointerpretación generó nuevos mapas del estado del cauce y las márgenes fluviales para los años en que fueron tomadas las fotografías (1957 y 1977).

Para completar el estudio histórico, se llevó a cabo un análisis del estado actual del cauce. Esta parte del trabajo se realizó mediante la observación de datos «in situ» (campañas de campo) y una nueva serie de fotografías aéreas (Agosto 1988) de la zona. De dichas fotografías se obtuvo una detallada fotointerpretación geológico-geomorfológica, así como un levantamiento topográfico a escala 1:2.000 de las márgenes del río Gállego (Marcos González et al.,1989).

Finalmente, toda la información obtenida se homogeneizó a unas características y escala comunes (1:25.000) para facilitar su comparación. Este proce-

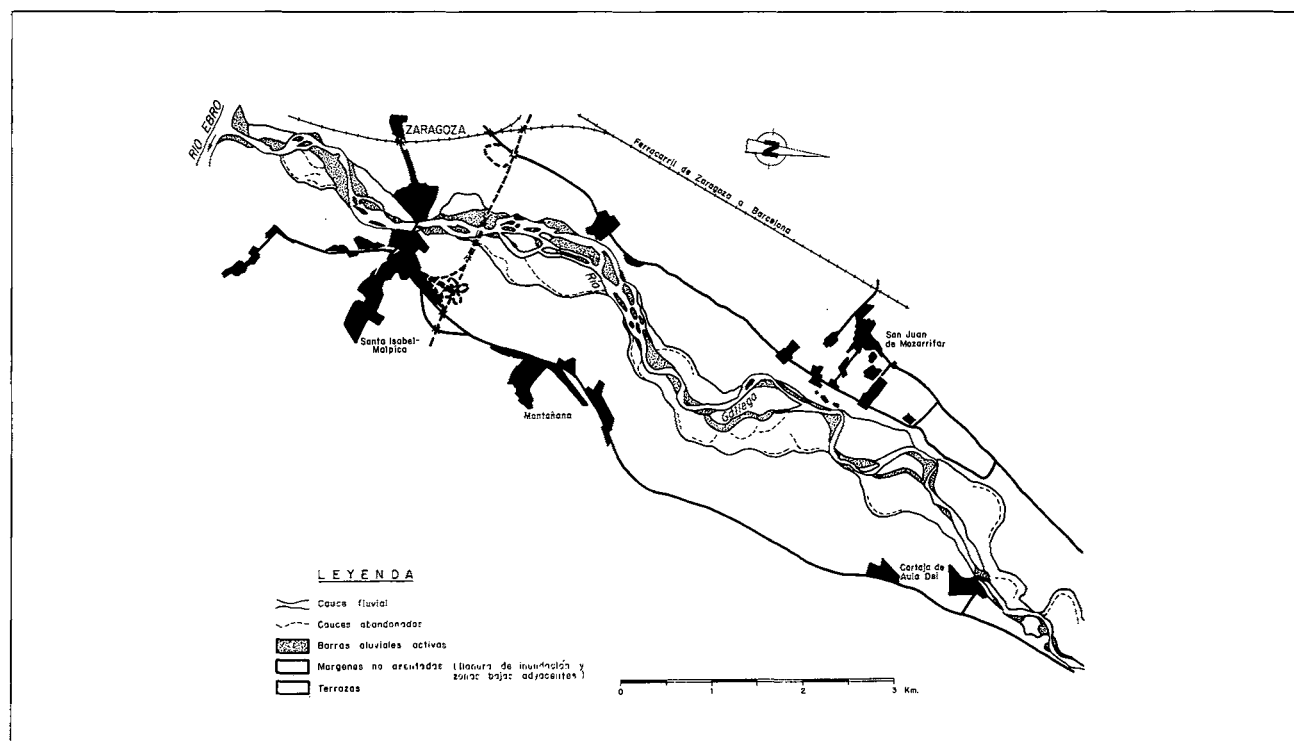


Figura 2.- Estado del tramo analizado del río Gállego en 1957, según la fotointerpretación de las imágenes aéreas de esa fecha.

Figure 2.- State of the studied sector of Gállego river in 1957, based upon updated aerial photographs.

so dio como resultado una base documental sobre el tramo del río Gállego aquí analizado que abarca los últimos 200 años de la evolución del mismo.

CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE DEL RIO GÁLLEGO EN EL TRAMO ANALIZADO

El río Gállego presenta, en la zona de estudio, un cauce único sinuoso y en proceso de fuerte encajamiento. Estas características son relativamente recientes ya que, por ejemplo, en el año 1957 el río presentaba un cauce principal meandriforme y múltiples brazos secundarios, siendo su dinámica más de divagación lateral que de encajamiento en la vertical. Estos cambios evolutivos, a veces drásticos, pueden estar fuertemente influenciados por la acción humana que, con represamientos, diques, excavaciones y vertidos ha ido limitando las posibilidades de desplazamiento lateral del cauce.

Para el análisis en detalle de la morfología del río Gállego, se han utilizado principalmente las fotointerpretaciones obtenidas de las imágenes aéreas de 1957, 1977 y 1988 (figuras 2,3 y 4), debido a que la densidad y la calidad de la información extraída de

ellas es mucho mejor y más fácilmente comparable que la obtenida de los mapas antiguos. Se puede afirmar que las fotografías de 1957 representan los patrones generales de la evolución del río desde 1800 hasta esa fecha ya que, como se verá más adelante, en los mapas y en estas fotografías el río presenta semejantes características morfoevolutivas, reflejándose las divergencias en la dinámica exclusivamente en las fotografías aéreas más recientes (1977 y 1988).

Son varios los autores que han estudiado la dinámica fluvial en ríos de características semejantes a las de este tramo del Gállego y que también presentan alteraciones por acciones humanas en sus cauces (Schumm, 1977; Chang, 1984 y 1986; Odgaard, 1986 a y b). De ellos se utilizan aquí los parámetros desarrollados por Schumm (1977) por su sencillez de aplicación a este caso y por la claridad con que reflejan las alteraciones habidas en las características fluviales. Estos parámetros son: número de cauces, sinuosidad del cauce (aproximación numérica a la clasificación de Schumm), morfología del cauce (meandriforme, anastomosada o sinuosa), tipo de carga transportada, tipo de barras presentes (según la clasificación de Schumm) y longitud de onda de las curvas del río.

El proceso de aplicación de estos parámetros al

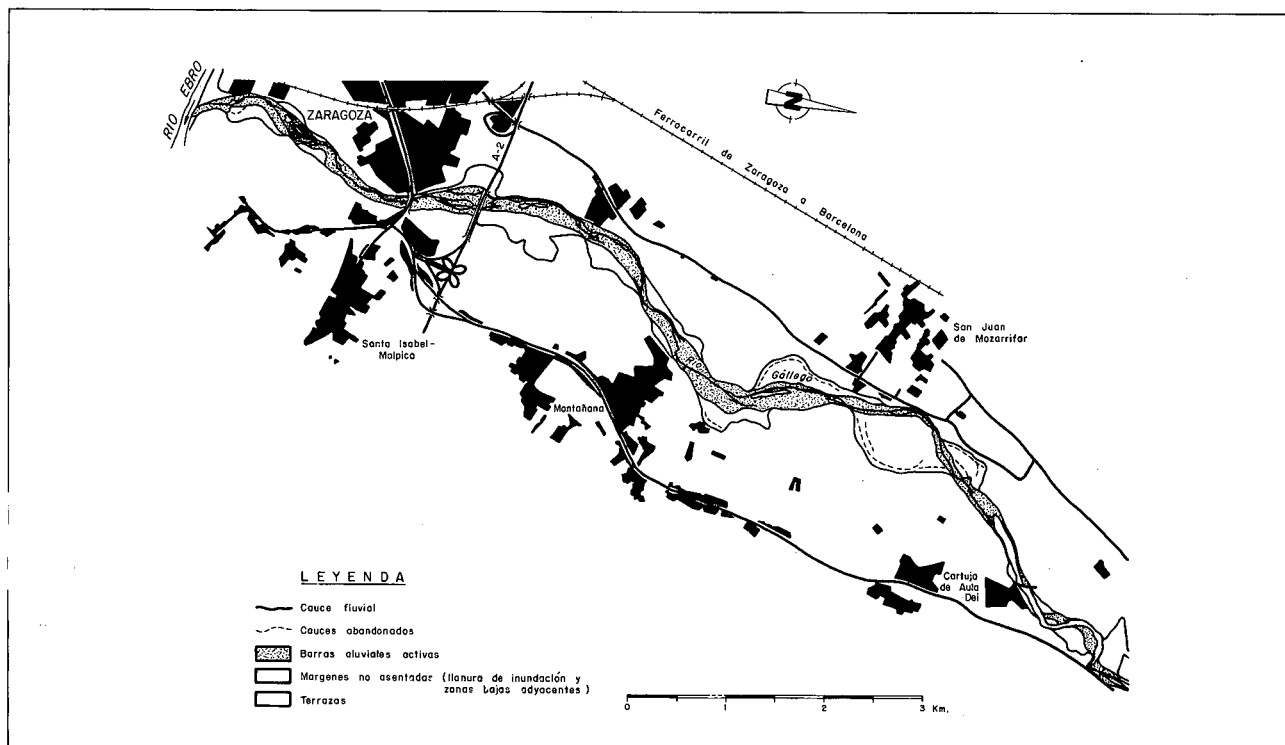


Figura 3.- Aspecto que presentaba el sector analizado del río Gállego en 1977, según se obtiene de la fotointerpretación de las imágenes aéreas de ese año.

Figure 3.- State of the studied sector of Gállego river in 1977, based upon updated aerial photographs.

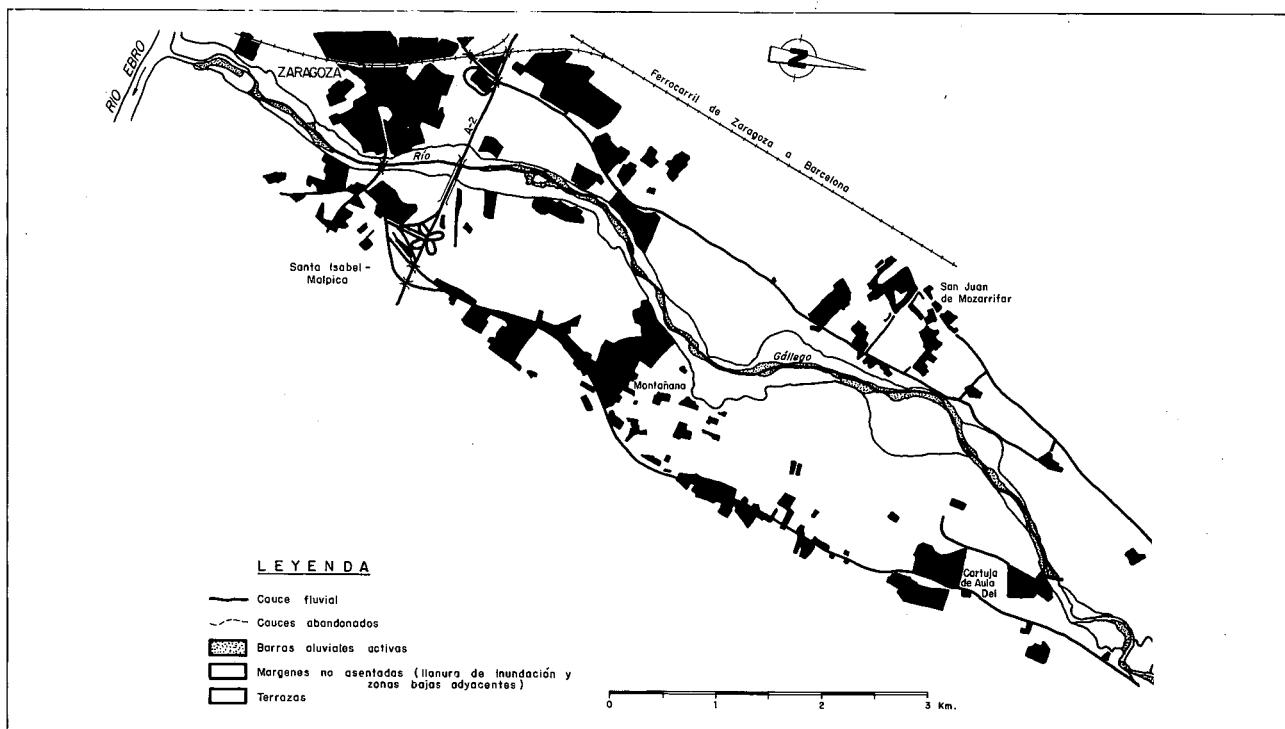


Figura 4.- Estado del río Gállego en la actualidad, según muestra la fotointerpretación de las imágenes aéreas realizadas en 1988.

Figure 4.- Current state of Gállego river based upon 1988 aerial photographs.

cauce analizado dió como resultado la división en tres tramos del mismo, atendiendo a sus características y evolución. Estos tramos son (figuras 2,3 y 4):

- Tramo Norte (Aguas arriba de la Cartuja de Aula Dei)

- Tramo Central (desde el azud próximo a la Cartuja de Aula Dei hasta el puente de la autopista A-2)

-Tramo Sur (desde la autopista hasta la desembocadura en el Ebro).

En la tabla de la figura 5 se incluyen los datos resultantes de la aplicación de los parámetros de Schumm (1977) a cada uno de esos tramos y para las fechas de las fotografías aéreas.

Tramo Norte

Como se aprecia en las figuras 2,3,4, y 5, ésta es la zona que menos ha cambiado en el período analizado por la fotointerpretación (1957-1988). En ella, el río se caracteriza por poseer un único cauce de tipo meandriforme y un índice de curvatura medio-alto (1,7). El transporte de sedimentos es de tipo mixto (en suspensión y de fondo simultáneamente), y los depósitos se dan principalmente en barras de tipo 3

(point bars). La longitud de onda de las curvas es corta, lo que implica arcos bastante cerrados, con una escasa disminución en el período analizado (de 0,75 km. en 1957 a 0,60 km. en 1977 y 1988).

Tramo Central

Este sector es el que representa mayores variaciones en los últimos 30 años. Aquí el río pasa de ser, en 1957, meandriforme con múltiples canales y sinuosidad media-alta (1,7), a ser, en 1977-1988, sinuoso con un canal único y sinuosidad baja (1,1). El transporte de sedimentos pasa de mixto a ser únicamente de fondo (1977-1988), cambiando la morfología de las barras desde tipo 4 (point bars con canales interiores) a tipo 2 (barras laterales alternantes en ambas márgenes). La longitud de onda de las curvas fluviales pasa de media-larga (0,75-2,00 km.) en 1957, a muy larga (3,50 km.) en 1977-1988.

Tramo Sur

El sector Sur de la zona estudiada presenta moderados cambios a lo largo del período analizado, aunque se ha producido en el río un proceso de transformación notable, desde una morfología semi- meandriforme

PARAMETROS	TRAMO NORTE			TRAMO CENTRAL			TRAMO SUR		
	1957	1977	1988	1957	1977	1988	1957	1977	1988
Nº Cauces	1	1	1	Múltiples	1 o más según zona	1	Múltiples	1 o más según zona	1
Sinuosidad (Aprox.)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,1	1,1	1,4	1,1	1,1
Morfología	M	M	M	M-A	S-A	S	M-A	S-A	S
Tipo de carga	Mixta	Mixta	Mixta	Mixta	De fondo	De fondo	Mixta	De fondo	De fondo
Tipo de barras	3	3	3	4	2	2	4	2	2
Longitud de onda Curvas río (Km.)	0,75	0,60	0,60	0,75-2,00	3,50	3,50	1,25	1,75	1,75

Figura 5.- Tabla de datos que refleja la evolución de las características del cauce del río Gállego en el sector analizado desde 1957 hasta la actualidad, según los parámetros utilizados por Schumm en 1977 (*Morfología*: M=meandriforme, A=anastomosado, S=sinuoso. *Tipos de barras*: 2=barras laterales alternantes en ambas márgenes, 3=point bars, 4=point bars con canales interiores).

Figure 5.- Table showing the evolutive trend of Gállego river for the studied sector from 1957 to the present, based upon Schumm 1977 parameters. (*Morphology*: M=meandering, A=anastomosing, S=sinuuous. *Bars pattern*: 2=lateral bars alternating within both margins, 3=point bars, 4=point bars with inside channels).

(1957), con múltiples canales y sinuosidad media (1,4), hasta un tipo sinuoso puro (1977-1988), con canal único y baja sinuosidad (1,1). En cuanto al transporte de sedimentos y a la morfología de las barras, sigue el mismo patrón evolutivo que el de la zona Central. La longitud de onda de las curvas fluviales aumenta levemente, pasando de 1,25 km. en 1957 a 1,75 km. en 1977-1988.

ACTUACIONES HUMANAS SOBRE EL CAUCE Y LAS MARGENES FLUVIALES

Las principales alteraciones que sufre el río a su paso por el área de estudio se originan como consecuencia de las actividades industriales desarrolladas en sus propias márgenes, siendo además muy importante la influencia de la cercana área industrial de Zaragoza.

Un estudio de dichas alteraciones elaborado recientemente (Marcos González et al., 1989) ha puesto de manifiesto que los tres grandes tipos de actividades causantes del deterioro de este tramo del Gállego (excluidos los vertidos de residuos líquidos) son los vertidos incontrolados de residuos sólidos, las extracciones de gravas y la ocupación del suelo. De ellos, son los dos primeros los que dan lugar a la mayor parte del área afectada, que se distribuye principalmente en los tramos (Central y Sur) del río más próximos a Zaragoza.

En la figura 6 (a y b) se han localizado las principales zonas afectadas por los vertidos incontrolados y las extracciones de gravas.

Vertidos de residuos sólidos

El inventario de residuos llevado a cabo recientemente en la zona de estudio (Marcos González et al., 1989) muestra cuatro grandes tipos de residuos sólidos:

- Gravas y áridos. Se componen de material sobrante tanto de las extracciones como de las plantas de tratamiento situadas en las márgenes del río.

- Escombros y tierras. Son un conjunto heterogéneo de materiales de desecho de la industria de la construcción, probablemente transportados desde obras en el área de Zaragoza.

- Residuos de las industrias papeleras y del metal. Los primeros son productos del tratamiento químico de la madera para la obtención de pasta de papel, y se concentran en las inmediaciones de las dos factorías papeleras emplazadas en las márgenes del río dentro de la zona de estudio. Los segundos, son productos de desecho resultantes del tratamiento de fundición de

metales, como escorias o cerámicas de moldes, y su procedencia está en las industrias de este tipo situadas en el área de Zaragoza.

- Otros residuos. Se engloban aquí una serie de productos de desecho de diverso origen y composición que presentan escaso volumen y distribución heterogénea. Son restos metálicos, aglomerados asfálticos, neumáticos, basuras domésticas y residuos agrícolas.

De estos cuatro grupos de vertidos incontrolados, los tres primeros presentan un volumen considerable y una distribución muy próxima al cauce fluvial, lo que les hace ejercer una notable influencia sobre la dinámica del mismo.

Uno de los efectos más importantes de estos vertidos incontrolados es la modificación del relieve original de la zona. Dichas alteraciones van unidas a la morfología del propio residuo así como al método utilizado para su vertido. En el área analizada, y circunscribiéndonos a los tres grupos de residuos mayoritarios en volumen, se observan dos tipos de morfologías de estos depósitos:

- Acumulaciones en montículos. Se originan por aportes sucesivos con camiones (sobrepuestos o no) en áreas llanas. Producen un relieve alomado y ocupan la mayoría de la superficie afectada por vertidos incontrolados de la zona estudiada.

- Acumulaciones a favor de desniveles (escarpes de terraza generalmente). Son depósitos de gran volumen y escasa extensión superficial. Se distribuyen de forma lineal y el vertido se produce con camiones, desde la parte superior del desnivel hacia la inferior, dando lugar los sucesivos aportes al avance del frente de vertido en dirección perpendicular al plano del desnivel. Dicho avance ha llegado en algunos casos a invadir, e incluso desviar, el cauce del río.

En la figura 6 (a y b) se refleja la distribución de los principales acúmulos de estos residuos, siendo las áreas más activas, en la fecha de realización del citado inventario, las proximidades de las plantas de tratamiento de áridos, el entorno de las factorías papeleras y los grandes frentes de residuos de la zona Norte del puente de la autopista A-2 (figura 7).

Extracciones de gravas

Los materiales que se extraen en estas explotaciones son principalmente cantos y gravas de origen fluvial, ya sea de los depósitos de terraza o del cauce del río.

El procedimiento de extracción se basa en la utilización de las excavadoras de brazo, en el cauce del río, o de pala cargadora, en el resto del área, y se

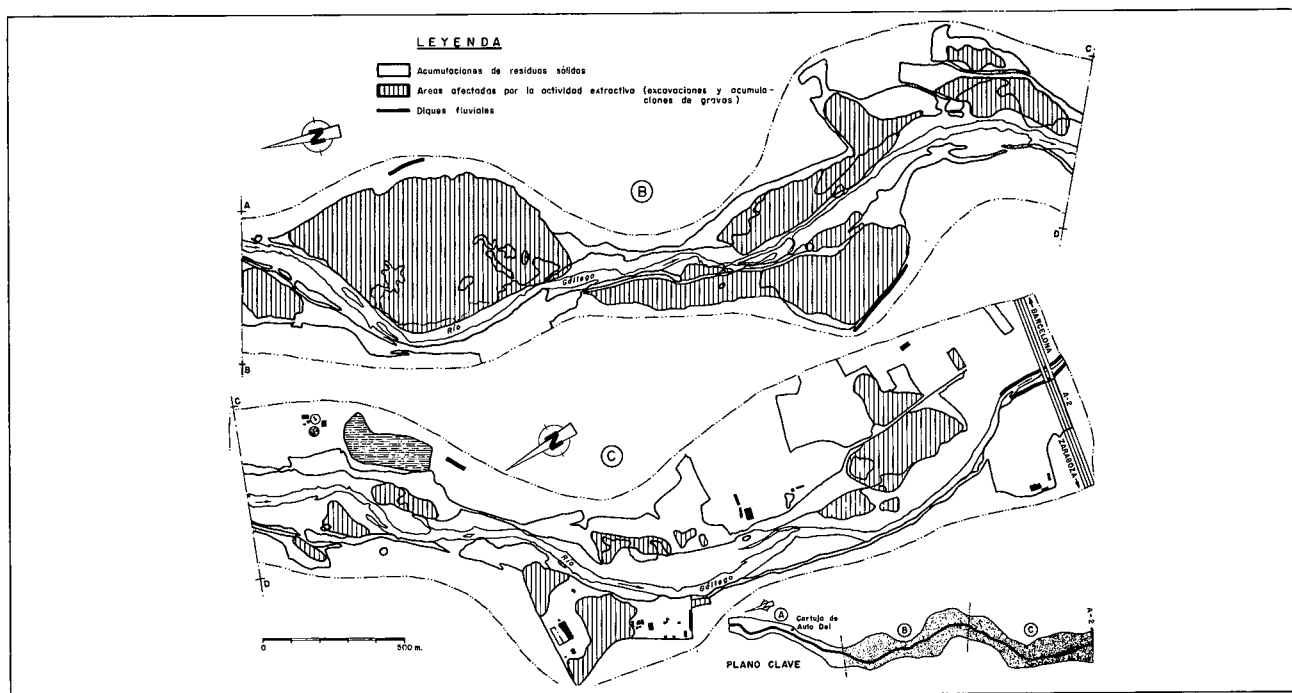
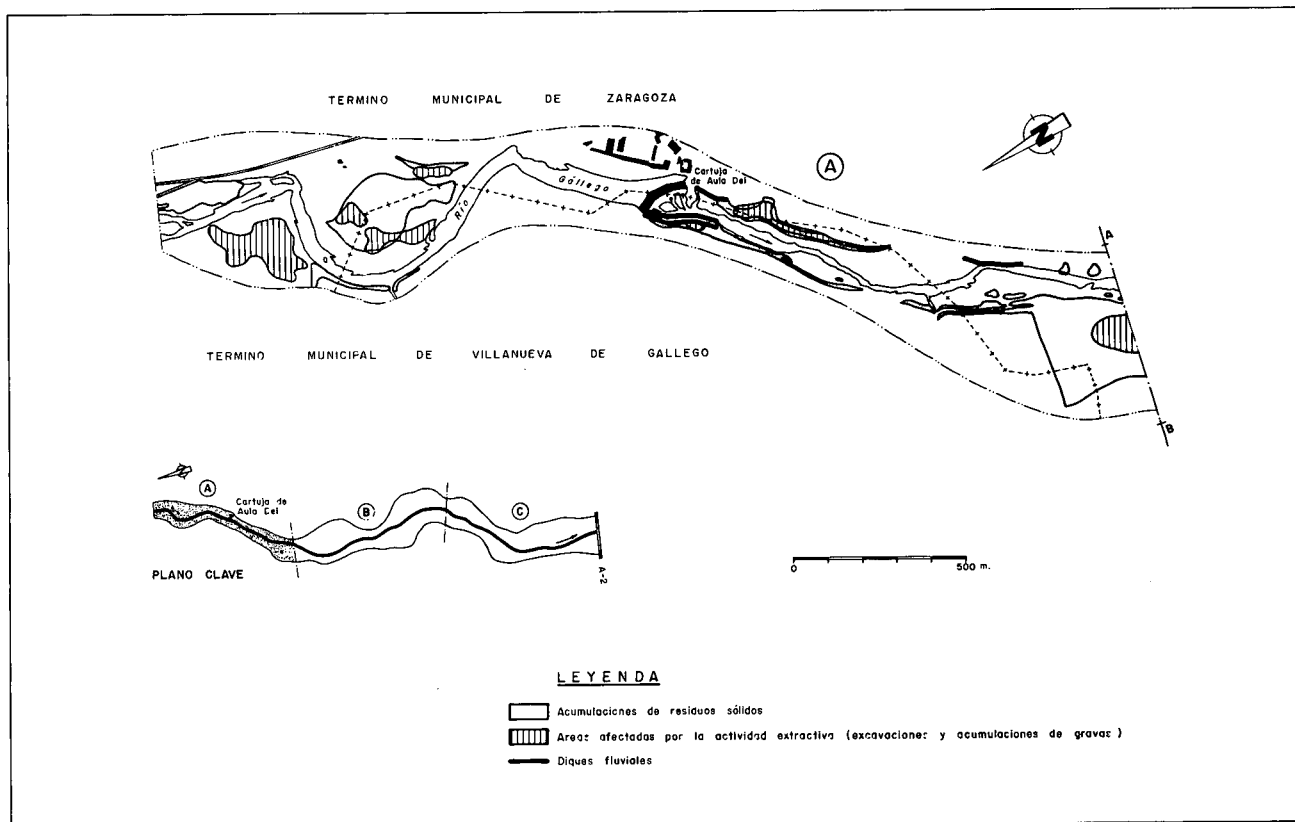


Figura 6.- Localización de las principales zonas de vertidos incontrolados de residuos sólidos y de las áreas modificadas por la extracción de gravas en el tercio septentrional (a) y en el sector centro-meridional (b) del ámbito analizado.

Figure 6.- Situation of the main non-controlled solid dumping zones and modified areas due to the gravel extraction along the northern part (a) and Center-Meridional part (b) of the studied area.



Figura 7.- La fotografía muestra el gran vertedero incontrolado situado al Norte del puente de la autopista A-2. Los vertidos se realizan a favor del antiguo escarpe de terraza, que ha sido recrecido ganando terreno al cauce fluvial e impidiendo su desplazamiento lateral.

Figure 7.- Picture of the main non-controlled dump located to the North of A-2 highway. The activity is accomplished taking advantage of the ancient steeped-slope terrace that has been enlarged at the expense of the river bed, therefore avoiding its lateral wandering.

realiza en frentes reducidos y aislados, generalmente semicirculares. El destino del material extraído son las plantas de proceso de áridos instaladas en las mismas márgenes fluviales.

Estas actuaciones son el mayor factor modificador de la morfología de la zona, y su intensa actividad produce las siguientes alteraciones:

- En el cauce fluvial ocasiona desvíos, ensanchamientos o estrechamientos del mismo (Fig. 8).
- En las márgenes produce explanaciones, excavaciones generalizadas y acumulaciones de material sobrante.

En la figura 6 (a y b) se han indicado las áreas (relieves artificiales: extracciones y acúmulos de gravas) de las márgenes del río que han sufrido las principales alteraciones como consecuencia de esta actividad extractiva. Se debe señalar que, aunque no se indica en la figura citada por razones de claridad de la misma, la práctica totalidad del cauce del río ha sido, y está siendo afectado por dichas extracciones. Estas actuaciones sobre el cauce producen alteraciones muy rápidas en su morfodinámica, ya que en varias semanas se pueden ocasionar desvíos importantes de su curso debido a los intensos movimientos de tierras realizados (Marcos González et al., 1989).

El tramo del río que actualmente sufre una actividad extractiva más intensa es el central, dada la proximidad de las plantas de proceso de áridos, lo que genera cambios topográficos drásticos y rápidos a lo largo del cauce y ambas márgenes fluviales.

Otras alteraciones

Además de los vertidos de residuos sólidos y las extracciones de áridos, existen otros agentes que generan afecciones sobre la morfodinámica fluvial. Entre ellos destacan:

- Diques fluviales y otras obras de infraestructura. Existen varios diques en el río, algunos de ellos abandonados por el cauce actual, que limitan su movilidad. Generalmente son de escollera o bloques de hormigón, y los más importantes se sitúan próximos al azud de la Cartuja de Aula Dei y aguas abajo del puente de la autopista A-2. Los diques actualmente abandonados por el cauce aparecen alejados de éste decenas de metros, lo que indica los cambios importantes que ha sufrido este curso fluvial en las últimas décadas. Otras construcciones que también afectan a la dinámica del río son los mencionados azud de la Cartuja de Aula Dei y puente de la autopista A-2.



Figura 8.- Típica extracción de gravas en el cauce del Gállego. El proceso ha generado el relleno de un sector del cauce (centro de la imagen) y el desvío del curso fluvial (izquierda).

Figure 8.- Typical gravel extraction in the Gállego river bed. The process has generated the filling-in of a sector of this bed (center of the figure) and the fluvial course deviation (left of the figure).

- Edificaciones, plantas industriales, viales y áreas de cultivo. Son un conjunto de actuaciones que han producido la ocupación del suelo que antiguamente formaba la llanura de inundación. Por medio de rellenos de tierras se han ido ampliando las zonas asentadas, reduciendo el espacio disponible para los desplazamientos laterales, proceso gradual que se observa en las fotointerpretaciones de las márgenes fluviales (Fig. 2, 3 y 4).

DISCUSION

El río Gállego ha sufrido en esta zona una serie de modificaciones que le han llevado a un importante cambio en su fisonomía y su dinámica.

Los tramos más afectados por este proceso han sido el Central y, en menor medida, el Sur, quedando el tramo Norte prácticamente inalterado. Este último, que mantiene sus características morfodinámicas iniciales, solamente ha reducido la longitud de onda de sus meandros, lo que afecta principalmente al proceso erosivo sobre los escarpes de las terrazas medias (los más abruptos de la zona) al incidir el río más perpendicularmente sobre ellos.

En el tramo Central, que ha cambiado intensamente de 1957 a 1977, se ha producido el corte de nu-

merosas curvas fluviales, lo que ha generado el abandono del cauce antiguo quedando éste como forma residual (meandros abandonados). Este proceso natural a lo largo de la historia del río, ha generado numerosos meandros abandonados en la zona hasta 1957 (Fig. 2) lo que ponen de manifiesto los numerosos diques fluviales actualmente alejados del cauce activo. Sin embargo, a partir del período 1957-1977 (Fig. 3) descende el número de meandros abandonados, hasta su práctica desaparición en 1988 (Fig. 4). Esto es un reflejo de la alteración que se ha producido en los últimos 30 años en la dinámica de este río.

El factor principal que ha producido estos cambios es la ocupación del suelo en las áreas en que el río efectuaba su divagación lateral (márgenes no asentadas). Esta ocupación se ha ido produciendo intensamente y sin pausa al menos desde 1957, y coincidiendo con el desarrollo económico-industrial de los años 60 en el área de Zaragoza. Así se han ido realizando intensas actividades en las márgenes y el cauce (extracciones de gravas, vertidos incontrolados, edificaciones, ampliación de zonas de cultivo, etc) que han dado lugar a la pseudocanalización del río, limitándolo a una estrecha franja sinuosa (Fig. 4).

Todas estas acciones sobre el río, que continúan en la actualidad, han ocasionado el cambio brusco en

los procesos erosivos del cauce, que ha pasado de ejercer su efecto de excavación lateralmente (meandros) a actuar fuertemente sobre el lecho, mostrando ahora una traza mucho más rectilínea (aumento de la capacidad tractiva o disminución de la carga de fondo). Este proceso de encajamiento queda de manifiesto en la aparición, en el cauce actual, de afloramientos de materiales de secuencias fluviales anteriores e infrayacentes a la actual (Marcos González et al., 1989), que no afloraban en anteriores observaciones (1957, 1977). Además, y debido a las extracciones de gravas en el cauce, el lecho del río ha disminuído de nivel de base considerablemente, en algunos puntos en más de 2 metros (Marcos González et al., 1989), lo que ha dado lugar a la aparición de erosión remontante, afectando seriamente a algunas infraestructuras en crecidas (diques y azud de la Cartuja de Aula Dei). Asimismo, la ocupación de las márgenes, principalmente con grandes acumulaciones de residuos, impiden que el río abandone su trazado actual dada la gran entidad de estos vertidos.

Por lo que se refiere al tramo Sur, su evolución es similar a la del tramo Central, si bien las modificaciones son de menor escala, ya que el primero se encontraba modificado a priori (1957) y condicionado por la proximidad del casco urbano de Zaragoza.

Por otra parte, el Gállego posee un régimen nivopluvial y, como el resto de los ríos pirenaicos, son frecuentes en él las grandes avenidas y riadas sobre todo en la época de deshielo (registros históricos de 1929, 1951, 1959, 1960 y 1979). Por ello, el área está considerada como potencialmente inundable (Ayala Carcedo et al., 1987; Marcos González et al., 1989). El hecho de haber sido introducidas modificaciones en este cauce fluvial desde los años 60, incrementa el riesgo de que las crecidas produzcan efectos más intensos. Así, la gran crecida de 1979, ya con el río modificado, produjo el descalce del azud y los diques de la Cartuja de Aula Dei, los cuales debieron ser fuertemente reforzados con bloques de hormigón para evitar su desmoronamiento. Algunos de estos bloques de hormigón, de gran tamaño y peso, han sido asimismo arrastrados aguas abajo por las fuertes crecidas del río (Marcos González et al., 1989).

CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El tramo Norte del río no ha modificado su dinámica en las últimas décadas, si bien ésta se encuentra condicionada por la proximidad de los fuertes escarpes de las terrazas medias y por el azud próximo a la Cartuja de Aula Dei que remansa el agua y resta energía (transporte, erosión) al curso fluvial.

- El tramo Central ha sufrido alteraciones muy fuertes en su dinámica y morfología, originadas principalmente por las actividades extractivas e industriales de la zona, la ocupación de las márgenes y los vertidos incontrolados de residuos sólidos.

- El tramo Sur, inicialmente alterado al discurrir el río por la zona urbana de Zaragoza, ha sufrido igualmente modificaciones, si bien de menor importancia que las del tramo Central.

- La tendencia evolutiva del sector analizado del río ha variado drásticamente en el período 1957 a 1977, coincidiendo con el auge desarrollista de los años 60. El río pasó de tener una dinámica meandri-forme de fuerte divagación lateral que había poseído en el pasado, a una morfología sinuosa con fuerte encajamiento en la vertical y nula divagación lateral. A partir de dicho cambio ocurrido en los años 60, las modificaciones que se suceden hasta la actualidad son meros retoques, ya que el río y su entorno se encuentran muy alterados y sin posibilidades de variar los patrones artificiales sobreimpuestos.

- Por lo que se refiere a las previsiones de la futura evolución del río, se puede apuntar que no diferirá mucho de la situación actual, debido a los fuertes condicionantes artificiales creados en sus márgenes (diques, vertidos, extracciones, ocupación del suelo, etc.), y al proceso de encajamiento que actualmente sufre el río. Finalmente, es de destacar el cambio cualitativo y cuantitativo experimentado por los efectos potenciales de las crecidas del río.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece su colaboración a las siguientes personas y entidades:

Al Servicio de Medio Ambiente del Excelentísimo Ayuntamiento de Zaragoza, por su cooperación en la realización del estudio ambiental del río Gállego. A la Cátedra de Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad de Zaragoza, y en especial a F.J. Martínez Gil, J.L. Briz Velasco y a J.A. Sánchez Navarro, por su asesoramiento y la documentación facilitada sobre la zona. A F. Sicilia y a F. Rosano, por la delineación de las figuras. A M.D. Servert Martín, por su colaboración en la revisión del manuscrito y por los consejos aportados a la redacción definitiva de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

ALBERTO GIMENEZ, F., GUTIERREZ ELORZA, M., IBAÑEZ MARCELLAN, M.J., MACHIN GAYARRE, J., PEÑA MONNE, J.L., POCOVILJUAN A. y RODRIGUEZ VIDAL, J., 1984: *El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la Región Aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existen-*

- tes. Zaragoza, Universidad de Zaragoza- Estación Experimental de Aula Dei, 217p.
- AYALA CARCEDO, F.J., RODRIGUEZ ORTIZ, J.M., PRIETO ALCOLEA, C., FUENTE MARTIN, P. de la, RUBIO AMO, J.M. y SANZ CONTRERAS, J.L., 1987: *Mapa geotécnico y de riesgos geológicos de la ciudad de Zaragoza*. Madrid, IGME, 99p., 8 mapas pleg.
- BRIZ VELASCO, J.L., 1989: *Algunos datos sobre la Hidrogeología del acuífero aluvial del Bajo Gállego*. Zaragoza, Grupo de Hidrogeología de la Universidad de Zaragoza, 7p., Informe inédito.
- CALVO PALACIOS, J.L., 1979: Algunas características del subsuelo zaragozano en relación con el crecimiento de la ciudad. En: *Actas III Reunión Nacional del Grupo Español de Trabajo del Cuaternario (Zaragoza, 1977)*, pp.97-106, Madrid, Instituto de Geografía Aplicada, CSIC.
- CHANG, H.H., 1984: Analysis of River meanders. *Jour. Hydraulic Eng.*, 110(1): 37-50.
- CHANG, H.H., 1986: River Channel Changes. Adjustments of Equilibrium. *Jour. Hydraulic Eng.*, 112(1): 43-55.
- GUTIERREZ ELORZA M. y PEÑA MONNE J.L., 1989: Depresión del Ebro. En : A. Pérez-González, P. Cabra y A. Martín Serrano, Coords. *Mapa del Cuaternario de España a escala 1:1.000.000*, pp.129-139. Madrid, ITGE.
- MARCOS GONZALEZ, A., LOPEZ LOPEZ, A., LEY VEGA DE SEOANE, C. y RIVAS MATOS, C., 1989: *Estudio de regeneración de las márgenes del río Gállego en el término municipal de Zaragoza*. INYPSA- Servicio de Medio Ambiente del Excelentísimo Ayuntamiento de Zaragoza, 3 vols., Informe inédito.
- MENSUA, S. e IBÁÑEZ, M.J., 1977: *Terrazas y glaciares del centro de la depresión del Ebro*. Zaragoza, III Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario-Departamento de Geografía de la Universidad de Zaragoza, 18p., 5 mapas pleg.
- ODGAARD, A.J., 1986: Meander Flow Model. I: Development. *Jour. Hydraulic Eng.*, 112(12): 1117-1136.
- ODGAARD, A.J., 1986: Meander Flow Model. II: Applications. *Jour. Hydraulic Eng.*, 112(12): 1137-1150.
- SANCHEZ NAVARRO, J.A., GASCON MARCO, B. y MARTINEZ GIL, F.J., 1988: La contaminación por nitratos en el acuífero aluvial del Bajo Gállego: Distribución y Evolución. En: *Estudio hidrogeológico provincial: Bajo Jalón, Bajo Huerva y Bajo Gállego*, Diputación Provincial de Zaragoza, Informe inédito.
- SCHUMM, S.A., 1977: *The fluvial system*. New York, John Wiley & Sons, 338p.