

# Cambios históricos de los cauces de los ríos Tajo y Jarama en Aranjuez

## Historical channel changes of the Jarama and Tajo rivers at Aranjuez

L. Pinilla, A. Pérez-González y G. Benito

Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC), Serrano 115 dup. 28006 Madrid

### ABSTRACT

Changes in channel morphology between 1775 and 1988, at the confluence of Jarama and Tajo rivers near Aranjuez, have been studied. In contrast to the relative stability of the Tajo river upstream of the confluence with the Jarama river, there is a great instability at the two other reaches until 1945. Since then, a relative channel stabilisation, mainly due to a reduction of flood frequency and peak discharges after dam regulation, has been observed.

**Key words:** historical channel changes, fluvial morphological variations, Jarama and Tajo rivers.

Geogaceta, 18 (1995), 101-104  
ISSN: 0213683X

### Introducción

La morfología de un tramo fluvial está controlada por una serie de variables interrelacionadas con tendencia al equilibrio dinámico. Estas variables son: la hidráulica del flujo, la configuración del canal, la carga transportada y el material del lecho y de los bancos (Morisawa, 1985).

En este trabajo se estudian los cambios en la morfología en planta de los ríos Tajo y Jarama en los alrededores de Aranjuez, entre 1775 y 1988. Para ello se han utilizado cartografías históricas y algunas de las sucesiones existentes de fotografías aéreas. Los tramos analizados comprenden, los últimos 7 km del río Jarama antes de su confluencia con el Tajo y dos tramos del río Tajo, uno aguas abajo de la unión con el Jarama a lo largo de unos 6 Km y otro hasta 7 Km aguas arriba, en el segmento de Aranjuez.

El régimen de ambos ríos es pluvio-nival, con máximos en marzo y diciembre y un mínimo en septiembre más acusado en el Jarama (Masachs, 1948). El caudal medio anual del río Tajo entre los años 1912 y 1982, obtenido a partir de datos del aforo de Aranjuez (MOPU), es de 33.37 m<sup>3</sup>/s. Los tres tramos considerados son de carácter sinuoso y se enmarcan dentro del modelo 4 de Miall (1985), con carga tractiva de gravas y gran desarrollo de llanuras aluviales. Los bancos están constituidos por arenas, limos y gravas.

### Metodología

Para este estudio, se han utilizado las siguientes cartografías y fotografías aéreas: "Topografía del Real Sitio de Aranjuez", E 1:16.900 (Aguirre, 1775); "Plano del Real Sitio de Aranjuez", E 1:30.000 (Loup, 1810, Instituto Geográfico Nacional, IGN); "Plano catastral del Real Sitio", E 1:40.000 (Peña, 1865); Hoja topográfica nº 605 de Aranjuez, E 1:50.000, (IGN, 1880); Fotografía aérea, E 1:42.500 (Instituto Cartográfico del Aire, 1945); Ortoimagen de la hoja topográfica nº 605 de Aranjuez,

E 1:50.000 (IGN, 1988). Como parte inicial del trabajo, se han restituido a escala 1:50.000 dichas cartografías y fotografías aéreas, para de esta manera efectuar la comparación secuencial de las plantas de los cauces fluviales.

Se han llevado a cabo dos tipos de análisis:

-Análisis cualitativo. Mediante la superposición de los seis cauces de la secuencia, se han estudiado los cambios de la morfología en planta así como los distintos tipos de movimiento de los lóbulos (traslación, rotación, extensión, cut-off, etc.).

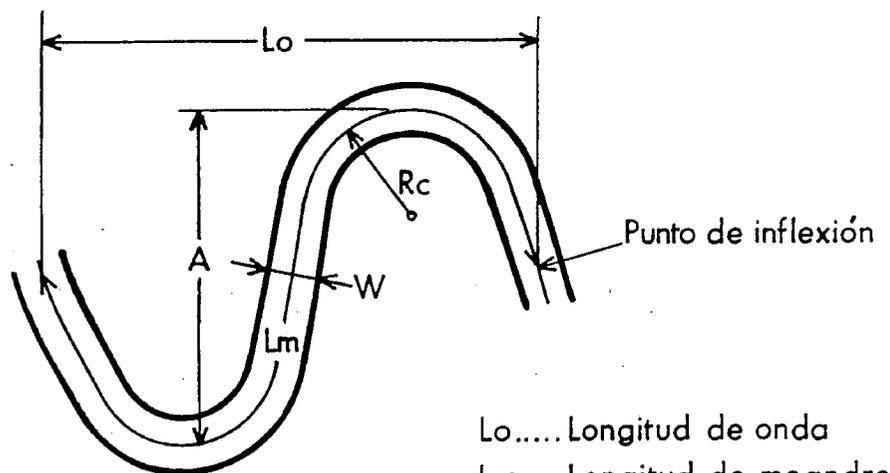


Fig.1.- Parámetros morfológicos de un arco de meandro.

Fig.1.- Meander bend morphological parameters.

Lo..... Longitud de onda  
Lm..... Longitud de meandro  
Rc..... Radio de curvatura  
A..... Amplitud  
W..... Anchura

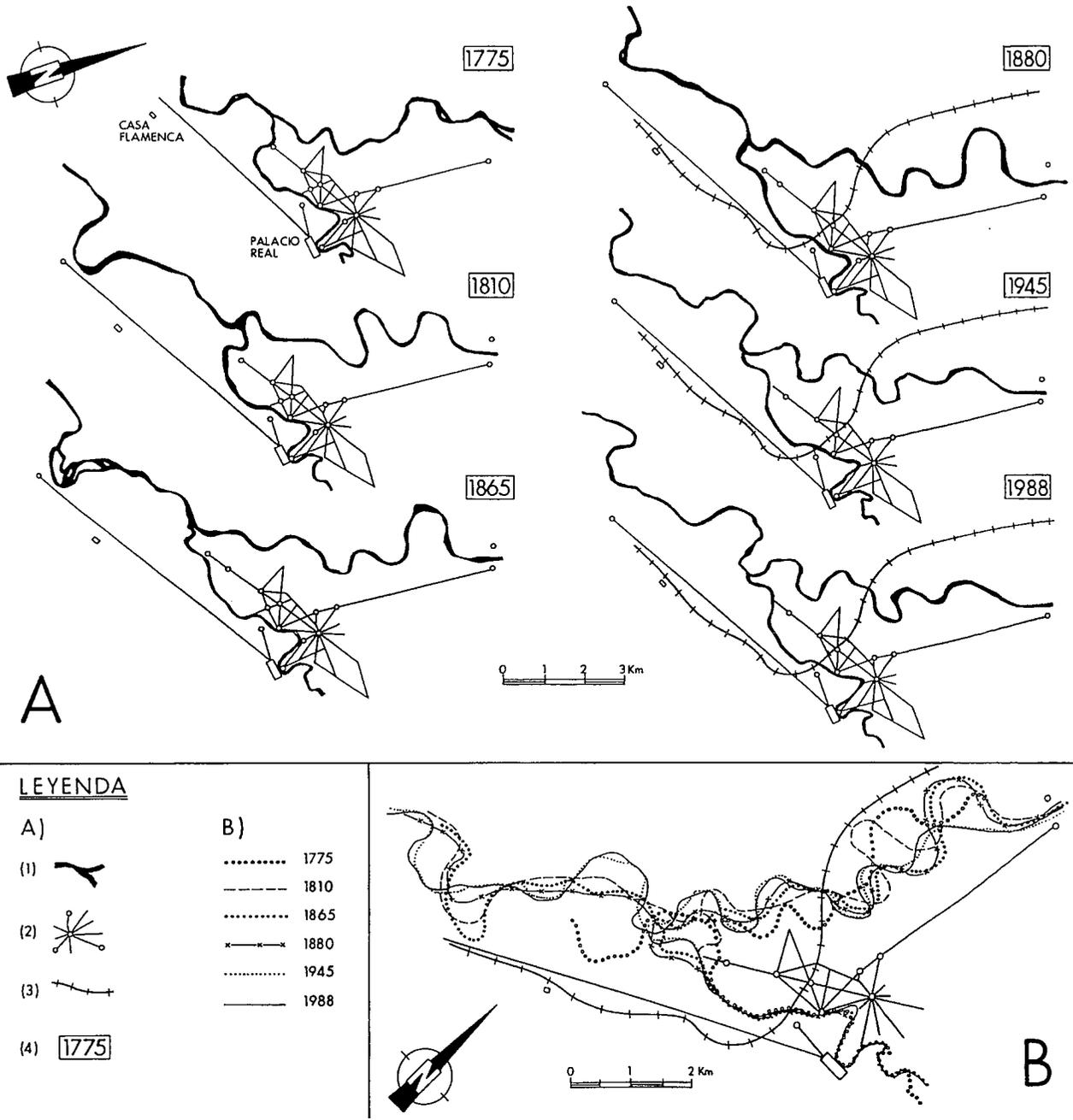


Fig.2.- A. Posición relativa del cauce fluvial de los ríos Tajo y Jarama en los alrededores de Aranjuez. LEYENDA. 1) Cauce fluvial. 2) Plazas y caminos. 3) Ferrocarril. 4) Año de la secuencia histórica estudiada. B. Superposición de los ejes de canal de los años considerados.

Fig.2.- A. Relative location of the fluvial channels of the Tajo and Jarama rivers near Aranjuez. LEGEND. 1) Fluvial channel. 2) Squares and roads. 3) Railway. 4) Year of the studied historic sequence. B. Superposition of channel axis for the considered years.

-Análisis cuantitativo. Para cada tramo y estadio, se han medido los parámetros que definen la morfología de un canal sinuoso (Fig.1). Estas variables permiten analizar la evolución temporal de la morfología del cauce para el período de 213 años considerados. En el caso del segmento aguas abajo de la confluencia de los ríos Tajo y Jarama, se ha desechado la cartografía de 1775, ya que no presenta la misma longitud de tramo que en el resto de las repre-

sentaciones utilizadas.

Para la definición de parámetros y toma de medidas (Fig.1), se han seguido los criterios de Leopold & Wolman (1957,1960) para la longitud de onda (Lo), amplitud (A), radio de curvatura (Rc), anchura (W), longitud de cauce del tramo considerado (Lc) y pendiente (P). Para la longitud de meandro (Lm) se usó la definición de Ferguson (1973) y para el índice de sinuosidad (IS=Lm/Lo) la de Brice (1964), el cual clasifica los ríos en

rectos (IS < 1.05), sinuosos (IS entre 1.05 y 1.3) y meandriiformes (IS > 1.3).

**Análisis de la variabilidad de los cauces entre 1775 y 1988**

El análisis espacio-temporal de los cauces fluviales en los tramos estudiados (Fig. 2) reflejan las siguientes tendencias:

-Tramo I. Jarama antes de su confluencia con el Tajo. Entre 1810 y 1880,

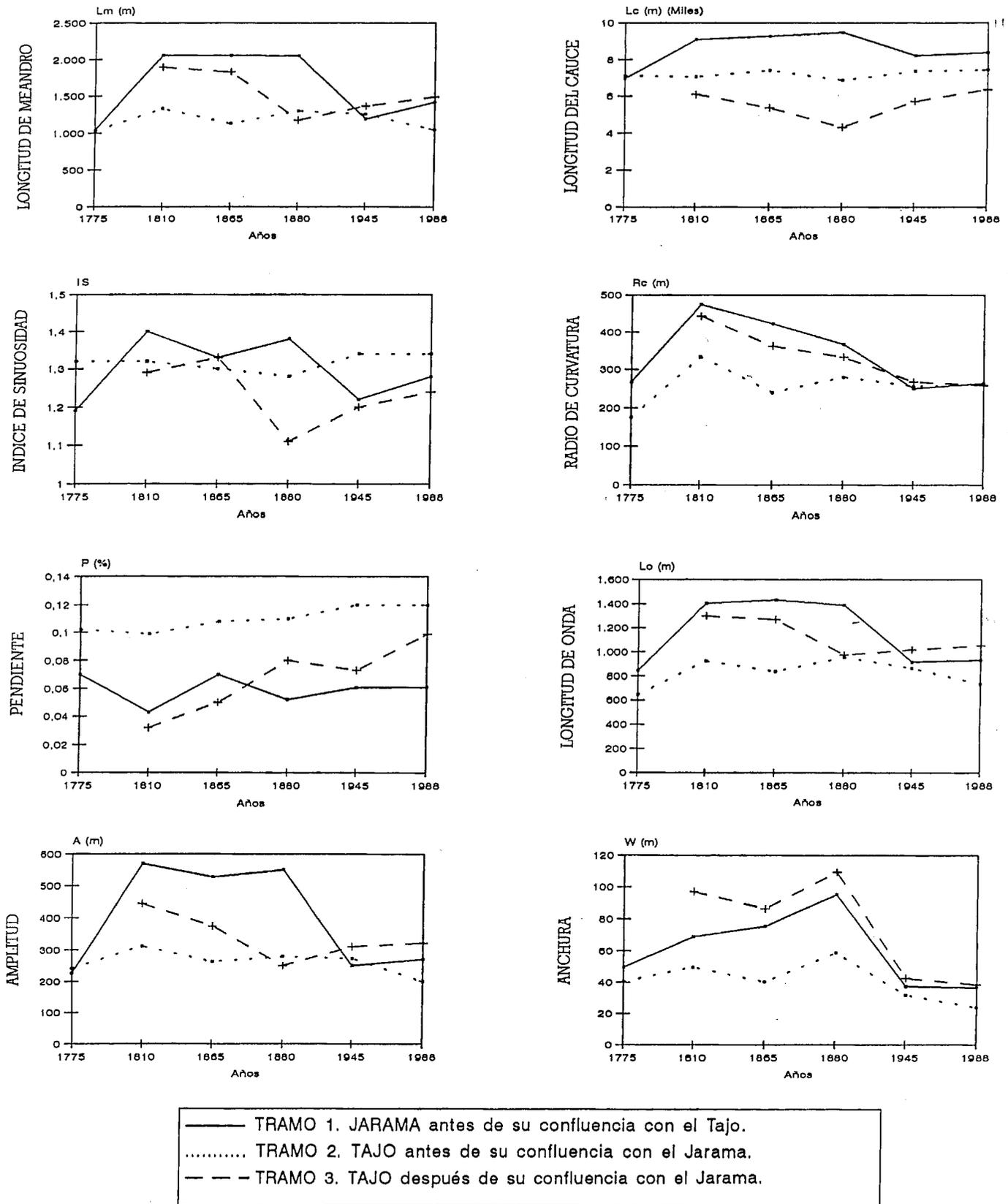


Fig.3.- Cambios de los valores medios de los parámetros morfológicos entre 1775 y 1988.

Fig. 3.- Changes of the average values of morphological parameters between 1775 y 1988.

se produce un notable incremento de la sinuosidad (IS entre 1.40 y 1.33), desarrollándose meandros de gran amplitud y gran longitud de arco (Fig.3). Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad, la sinuosidad ha decrecido sensiblemente (IS entre 1.22 y 1.28), junto con la amplitud, el radio de curvatura y la longitud de onda y de meandro, indicando una tendencia hacia una morfología de canal con meandros de menores dimensiones que en el pasado. Así mismo, se observan varios ejemplos de traslación, es decir, movimiento del lóbulo aguas abajo o aguas arriba (Daniel, 1971), que en algunos casos lleva consigo además una rotación.

*-Tramo 2. Tajo aguas arriba de la confluencia con el Jarama.* La principal conclusión que se obtiene después del estudio secuencial de este tramo, es su estabilidad relativa a lo largo de los últimos 213 años. Como se observa en la figura 3, no existen grandes variaciones en los valores de los parámetros medidos en este segmento, manteniéndose éstos siempre en un estrecho margen de magnitud. Sin embargo, en las proximidades de la confluencia con el río Jarama, el cauce sí ha sufrido variaciones sustanciales en el tiempo, debidas a la propia movilidad de dicha confluencia.

*-Tramo 3. Tajo aguas abajo de la confluencia con el Jarama.* Entre 1810 y 1880, se observa una tendencia a la disminución de las dimensiones de los meandros, lo cual es reflejo de un descenso de los valores de Lo, Lm, Rc y A. La sinuosidad, sin embargo, aumenta en ese período de 1.29 a 1.33 debido al desarrollo de un lóbulo compuesto que sufre expansión y rotación hacia aguas arriba, así como un estrechamiento de su cuello. A partir de entonces y hasta 1880 la sinuosidad disminuye hasta 1.11 a causa del estrangulamiento del lóbulo mencionado arriba. Por último, hasta 1988 aumenta la longitud del cauce y con ella la sinuosidad, junto con los valores del resto de los parámetros morfológicos a excepción de la anchura que disminuye a lo largo de este período.

## Conclusiones

Los principales resultados que se han obtenido del estudio secuencial realizado pueden sintetizarse de la siguiente forma:

-El aumento o descenso de la pendiente coincide, en general, con un comportamiento opuesto del IS y de los parámetros longitud de meandro y amplitud, que son indicadores del grado de desarrollo de los meandros. En cuanto al índice de sinuosidad, el tramo del Tajo aguas arriba de la confluencia con el Jarama, presenta siempre valores por encima de 1.3, tratándose por lo tanto de un tramo meandriforme excepto en 1880, año en el que el valor del IS disminuye a 1.28. El tramo del Tajo aguas abajo de la confluencia, sin embargo, es sinuoso para todos los años estudiados a excepción de 1865 en el que el IS llega a ser de 1.33. En cuanto al Jarama, el tramo solo es meandriforme entre 1810 y 1880, clasificándose como sinuoso en el resto de los estadios analizados.

-Entre 1775 y 1945 se aprecia una gran variabilidad del cauce en planta de ambos ríos, exceptuando el tramo del Tajo en Aranjuez (Tramo 1) que presenta una alta estabilidad relativa a lo largo del tiempo. Aunque no hay datos de caudales entre 1775 y 1912, sí existe para ese período un amplio registro de inundaciones. La zona de Aranjuez ha sido históricamente susceptible a las crecidas, principalmente invernales, habiendo sufrido un total de 41 durante los 213 años analizados, si bien hay que hacer notar que no se han producido avenidas en la zona en los últimos 40 años (MOPU, 1985). Este amplio historial de inundaciones podría ser la explicación de la movilidad de los cauces hasta 1945 ya que los caudales de crecida son uno de los principales responsables de los cambios morfológicos de los ríos (Richards, 1982).

-A partir de 1945 hasta 1988 los cauces permanecen relativamente estables. Para explicar esa relativa estabilidad, se ha realizado el análisis de los datos de aforo existentes en Aranjuez, entre los años hidrológicos 1912/13 y 1982/83. Este análisis revela una regu-

lación de caudales y una disminución progresiva de los caudales punta que es más evidente desde los años 50, lo que coincide con la construcción de la mayor parte de los embalses en cabecera de la cuenca (1947-1957). Sin embargo, la regulación del régimen hidrológico puede también generar cambios en la morfología del canal aguas abajo, reduciendo su anchura y longitud de onda, y aumentando la sinuosidad (Schumm, 1972; Petts, 1979; Knighton, 1984). Este tipo de ajustes se detectan en los tramos estudiados (Fig.3) y, por lo tanto, se puede concluir que dichos cambios morfológicos son consecuencia de la regulación hidrológica efectuada en los últimos 40 años.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado con cargo al proyecto de la CICYT-AMB93-0745.

## Referencias

- Aguirre, D. (1775). RIADA, 3. Doce Calles.
- Brice, J. (1964). U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 422-D.
- Daniel, J. F. (1971). U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 732-A.
- Ferguson, R. I. (1973). Water Resour. Res., 9, 1079-1086.
- Inglis, C. C. (1949). Res. Pub. 13, 1 y 2.
- Knighton, D. (Ed) (1984). *Fluvial forms and processes*. Arnold.
- Leopold, L. B.; Wolman, M. G. (1960). Bull. Geol. Soc. Am., 71, 769-794.
- Masachs, V. (1948). *El régimen de los ríos peninsulares*. CSIC.
- Morisawa, M. (Ed) (1985). *Rivers. Form and process*. Longman.
- Miall, A. D. (1985). Earth Sci. Rew., 22, 261-308.
- MOPU, (1985). *Estudio de las inundaciones históricas*. I.
- Peña, P. (1865). RIADA, 3. Doce Calles.
- Petts, J. (1979). Progr. Phys. Geogr., 3, 329-362.
- Richards, K. (Ed) (1982). *Rivers*. Methuen.
- Schumm, S. A. (Ed) (1977). *The fluvial system*. Wiley.

## Preguntas

**Pregunta (C. Viseras):** ¿Existe alguna evidencia de que los cambios repentinos de la sinuosidad pudiesen estar influenciados por variaciones en la pendiente del lecho debidas a procesos de neotectónica?

**Respuesta:** En la región existen controles litológico-estructurales, por la presencia de un substrato yesífero en los valles de los ríos Jarama y Tajo. Estos controles inclusive han sido detectados en la llanura aluvial actual del río Tajo (Fuentidueña de Tajo), con el desarrollo de dolinas de karst subyacente. El fenómeno generalizado, en distintos espacios temporales, son los procesos sinsedimentarios de hundimiento de terrazas. Estos antecedentes de inestabilidad derivados de procesos de «dolinización», podrían haber ejercido cierto control en la pendiente de los lechos de canal, pero son necesarios trabajos adicionales de medida precisa de las pendientes en las áreas de meandro conservadas en las llanuras aluviales del Jarama y Tajo para alcanzar conclusiones más ajustadas.