

LOS ESTUDIOS DE DINAMICA FLUVIAL EN CAUCES MEANDRIFORMES: ESTADO DE LA CUESTION.

Alfredo OLLERO OJEDA
Universidad de Zaragoza

RESUMEN: *Dado que en el Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza se está iniciando una línea de investigación en el ámbito de la dinámica fluvial y en concreto sobre el cauce meandriforme del Ebro (OLLERO, 1989), ha sido precisa una exhaustiva recopilación bibliográfica cuyas conclusiones son expuestas en el presente trabajo. Si bien en nuestro país no se ha abordado el tema de la dinámica de meandros, observamos la tradición con la que cuenta, principalmente en el ámbito anglosajón. El estado de la cuestión se ha llevado a cabo por períodos, temas y ámbitos territoriales, intentándose una valoración de la evolución de esta rama de la Geomorfología y de sus tendencias actuales.*

ABSTRACT: *This Department of Geography has started a line of research in the field of fluvial dynamics (OLLERO, 1989; Ebro river meandering valley) which has led to the achievement of an exhaustive bibliography. In this paper, an account of the process is exposed in detail, giving an appraisal about the recent evolution of this scarcely cultivated in our country branch of Geomorphology, as well as its present-day tendencies.*

Sumario: Los inicios hasta 1964: Un progresivo desarrollo conceptual.- Modelos e interacciones: aplicación a canales meandriformes.- Los ámbitos de estudio no anglosajones.- Tendencias actuales.- Bibliografía.

1. LOS INICIOS HASTA 1964: UN PROGRESIVO DESARROLLO CONCEPTUAL

La obra de LEOPOLD, WOLMAN & MILLER (1964) *Fluvial Processes in Geomorphology* supone la primera sistematización de conocimientos sobre dinámica fluvial y procesos en cada tipo de canal. Tomamos esta obra como hito a partir del cual se va a desarrollar notablemente la temática en cuestión. Hasta entonces se ha asistido a una simple aproximación al tema con trabajos aislados, parciales y carentes de conexión entre sí.

Desde el artículo de DAVIS (1913) sobre meandros, se han realizado pocos estudios sobre las curvas de los cursos fluviales, tema que no se desarrolla hasta finales de los años cincuenta. No obstante, encontramos el trabajo pionero de TIFFANY (1935) sobre los modelos de flujo de energía en los ríos, así como un primer estudio de meandros muy teórico de TIFFANY & NELSON (1939). Paralelamente, dos grandes investigadores avanzan en el tema del transporte (HJULSTROM, 1935) y de la erosión (HORTON, 1945) fluviales.

Las escuelas iniciadoras de los estudios de dinámica fluvial y, "sensu stricto", de meandros son las anglosajonas, y más concretamente la estadounidense. El primer río de meandros libres estudiado es el Mississippi, por parte de FISK (1944, 1947) y más adelante KRINITZSKY (1965). El trabajo de FISK sienta muchas bases que serán aplicadas a modelos posteriores.

Una de las corrientes que se inician con anterioridad a los años sesenta es la referida a estudios de **simulación de cauces en laboratorio**, propios de la escuela americana, destacando en este sentido la Universidad de Colorado. La línea es iniciada por FRIEDKIN en 1945, y será definitivamente consolidada en los años setenta con las tesis doctorales de KHAN (1971) y ZIMPFER (1975), así como con los posteriores trabajos de ALEXANDER (1979) y ASHMORE (1982).

Un tema que se inicia en este primer período, tanto en el ámbito anglosajón como en el francés, es el del **origen de la formación de los meandros**, siendo los ejemplos más significativos los artículos de FAIRCHILD (1932), QURAISHI (1944), BAULIG (1946), WERNER (1951) y BIROT (1952). BAGNOLD (1960) estudia las causas en relación con la propia morfología de las curvas. TANNER (1960) atribuye la formación de sinuosidades al flujo helicoidal. El australiano DURY (1962) lleva a cabo una exploración sísmica para localizar las posibles causas. Este autor desarrolla la primera teoría general sobre meandros en artículos que aparecen entre 1954 y 1965.

La **escuela francesa** aborda el interés por los cauces fluviales con una serie de estudios de incidencia de crecidas (PARDE, 1951; TRICART, 1960; RIMBERT, 1963), línea de investigación que se mantiene hasta nuestra década (LAMBERT et VIGNEAU, 1981). Por otra parte, LABOUREUR presenta en 1951 un trabajo muy elemental sobre los meandros del Po.

El tema de la **estabilidad de los canales**, que se desarrollará en el período siguiente, es esbozado ya por LANE (1957) y HENDERSON (1961), siendo habitualmente tratado en los trabajos de SCHUMM a lo largo de la década de los sesenta (1960, 1963, 1965, 1967, 1968). Este autor desarrolla modelos y estudia ajustes en la interrelación de elementos, implicando incluso la posible existencia de cambios climáticos. La obra de SCHUMM va a crear escuela, y supone, al lado del grupo de trabajo encabezado por LEOPOLD, el definitivo desarrollo de la dinámica fluvial.

La **escuela de Leopold** se inicia con un trabajo de 1953 en el que LEOPOLD & MADDOCK abordan por primera vez aspectos de geometría hidráulica, tema que seguirá siendo tratado en las publicaciones de LEOPOLD & LANGBEIN en 1964, 1965 y 1966. En 1957, LEOPOLD & WOLMAN aportan una primera síntesis de conocimientos sobre los distintos tipos de canal (rectos, meandriformes y braided). En otro artículo de la misma fecha y autores se trata del proceso de formación de las llanuras de inundación. El tema de la resistencia al flujo de las orillas del cauce fluvial aparece ya desarrollado en LEOPOLD et al. (1960) y SIMONS & RICHARDSON (1962).

Como hemos dicho, en 1964 (LEOPOLD, WOLMAN & MILLER) aparece el primer manual exhaustivo de dinámica fluvial, marcando la entrada en lo que podríamos denominar "período de madurez" de esta corriente geográfica.

2.- MODELOS E INTERACCIONES: APLICACION A CANALES MEANDRIFORMES

Uno de los temas más tratados en el período anterior, el de la búsqueda de explicaciones a la iniciación del desarrollo de meandros en un curso fluvial, sigue promoviendo multitud de trabajos a partir de 1964. Así, encontramos los artículos de HANSEN (1967), que atribuye la dinámica a problemas de estabilidad, ANDERSON (1967), CALLANDER (1969), YALIN (1971), KELLER (1971), GORYCKI (1973), ENGELUND & SKOVGAARD (1973), PARKER (1976), BROTHERTON (1979) etc. SHEN & KOMURA (1968) estudian las tendencias al ameandramiento en canales inicialmente rectos, del mismo modo que BEJAN (1982). En la década de los ochenta perdura esta línea de investigación, representada en trabajos como los de WATSON, SCHUMM & HARVEY (1983), que estudian el papel de la neotectónica. KITANIDIS & KENNEDY (1984) achacan la formación de meandros a la existencia de flujos secundarios. Para LEOPOLD (1982) la causa está en la propia topografía de la superficie del agua. Encontramos también un artículo holandés en esta línea, el de VAN ALPHEN et al. (1984). Existen dos trabajos muy recientes, el de CHANG (1988) y el de DIPLAS, KENNEDY & ODGAARD (1988), que retoman el tema de la inestabilidad en canales inicialmente rectos.

Paralelamente a la ordenación temática, se desarrolla en los años setenta el estudio de ríos meandriformes, principalmente en Estados Unidos. La corriente se inicia con el estudio de SCHUMM & LICHTY (1963) en el Cimarrón. Siguen los trabajos de BRICE (1964) en el Loup, JOHNSON & PAYNTER (1967), que estudian una corta en el río Irk de Lancashire, COLEMAN (1969) en el Brahmaputra, DANIEL (1971) en los ríos de Indiana, BLUCK (1971) en el Endrick, ALEXANDER & NUNNALLY (1972) en el Ohio, BURKHAM (1972) en el Gila, BRICE (1973) en el White, JACKSON (1975) en el Wabash, MOSLEY (1975) en el Bollin (Cheshire), BRIDGE & JARVIS (1976) en el South Esk (Escocia), HICKIN & NANSON en el canadiense río Beaton (1975, 1980, 1983), HOOKE (1977) en el Devon, KELSEY (1977) en el Van Duzen. Los países del Este de Europa también se unen a esta línea: LACZAY (1973) estudia el río Hernád en Hungría, destacando las investigaciones efectuadas en Polonia, con los estudios de KLIMEK (1974) en el Wisloka y STARKEL (1982, 1983) en el Vístula. Se trata en la mayoría de los casos de disponer, comprobar y comparar modelos de funcionamiento, resaltando la diferenciación entre cada río en función de factores concretos.

Otro tema muy desarrollado en la década de los setenta, en relación con la corriente cuantitativista que impregna la ciencia, es el de la **geometría de meandros**, iniciado por ACKERS & CHARLTON en una serie de 3 artículos publicados en 1970. Los norteamericanos siguen siendo los que más trabajos desarrollan, y la Universidad de Colorado la que más tesis doctorales promueve sobre el tema. Los trabajos más destacados en cuanto a geometría de meandros y modelos matemáticos son los de CHITALE (1970, 1973), KNIGHTON (1974), RICHARDS (1973, 1976, 1977), RADOJKOVIC (1976), BENNETT (1977), PARK (1977), RHODDES (1978), PARKER (1979), BHOMWICK & STALL (1979), HEY (1976, 1978, 1979), CHANG (1979a,b, 1980, 1984a,b, 1985). La corriente perdura en la década actual, con los trabajos de BEGIN (1981a,b), BRICE (1984), EDGAR (1984) o FERGUSON (1986, 1987).

Muy característico de los setenta es el desarrollo de trabajos **teóricos generales** sobre meandros, asistiéndose a una sistematización de modelos y recopilaciones de conocimientos.

Destacan las tesis de FERGUSON (1972) y GARDNER (1973) como estudios básicos que tendrán continuidad en el propio FERGUSON (1975, 1976, 1977, 1979), que se interesa por las causas y por temas como el planteamiento del cambio y la aleatoriedad. Algunas escuelas, como la brasileña, se inician con estas compilaciones de conocimientos teóricos de meandros (CANDIDO, 1971). Generales son los estudios de GREGORY (1976, 1978) sobre procesos fluviales. Otros autores se dedican básicamente a la clasificación de canales y formas fluviales: RUNDQUIST (tesis de 1975), KIRKBY (1972), KELLER & MELHORN (1973, 1978), KELLERHALS, CHURCH & BRAY (1976), RUST (1978). En la línea de los trabajos teóricos se inscriben una serie de manuales iniciada por los de CHORLEY (1969) y MORISAWA (1968). Esta última autora cuenta con sucesivas obras recopilatorias del estado de la cuestión sobre procesos fluviales entre 1973 y 1985. Otras ediciones con recopilación de artículos sobre el tema son las de DURY (1970), GREGORY & WAILLING (1973), GREGORY (1977) y SCHUMM (1972 y 1977), y, ya en los ochenta, de nuevo GREGORY (1983), KNIGHTON (1984), PETTS (1983), RICHARDS (1983, 1987) y SCHUMM, HARVEY & WATSON (1984). En otros casos se atiende principalmente a temas metodológicos, como los artículos de MOLLARD (1973) y BRICE (1975) sobre aplicación de la fotografía aérea.

Los trabajos teóricos seguirán destacando a principios de los ochenta, con mayor interés por los aspectos más puramente sedimentológicos: CALLANDER (1978), HOOKE (1980, 1984), CHURCH & JONES (1982), BETTESS & WHITE (1983), NANSON & PAGE (1983), BRIDGE (1984), ELLIOT (1984), BLONDEAUX & SEMINARA (1985).

A partir de 1964 comienzan a estudiarse detalladamente las **relaciones entre los distintos factores de la dinámica**. Ya en 1965 CARLSTON buscaba las relaciones entre la geometría de los meandros libres y el caudal, mientras en otro artículo de 1969 resalta el papel de la velocidad. HICKIN (1969) explica el proceso de formación de los point-bar; SHAHJAHAN (1970) busca los factores de la geometría fluvial; PICKUP (1976) habla de factores de equilibrio en el ajuste al régimen hidrológico. El propio HICKIN (1974, 1977a y 1977b) plantea los factores hidráulicos de la dinámica.

KELLERHALS (1982) trata del efecto de la regulación de la cuenca en la estabilidad del canal, aspecto que tiene un antecedente en WINKLEY (1972). También PETTS (1977, 1979) analiza las consecuencias de los embalses en la dinámica del cauce aguas abajo. KNOX (1977) en Wisconsin y PARK (1977b) estudian los impactos humanos en la dinámica del cauce.

HOOKE & HARVEY (1983) estudian los cambios de los meandros en relación con la morfología de las curvas y el flujo secundario. PARKER & ANDREWS (1985) insisten en la importancia de la distribución de los sedimentos sobre la llanura de inundación. DIETRICH es otro autor preocupado por la sedimentación en curvas desde su tesis (1982).

PIERCE estudiaba ya en 1970 el efecto en el flujo de la eliminación de la vegetación. El papel de la vegetación en la dinámica fluvial es atendido por GURNELL & GREGORY (1981) y, en lo referente a la rugosidad generada, por PASCHE & ROUVE (1985). El estudio más reciente es el de los finlandeses KALLIOLA & PUHAKKA (1988). Atendiendo a la interacción de todos los factores que intervienen en el sistema, NELSON & SMITH (1985) llegan incluso a realizar una interesante predicción matemática de evolución de meandros.

El tema de la **inestabilidad de cauces** en relación con la interacción de factores adquiere un especial desarrollo en los ochenta: HOWARD (1982), CHURCH (1983), GRIFFITHS (1983), ODGAARD (1986), que aplica modelos de flujo, THORNE & RAIS (1984) y THORNE et al. (1985). La escocesa MAIZELS (1988) estudia las características del

flujo en la intersección entre meandros y cortas. Los factores de la resistencia al flujo son tratados por BAIRD & ERVINE (1984). CHANG (1983) analiza la energía de flujo en cursos meandriiformes. Por lo que respecta a los ajustes al equilibrio, encontramos trabajos recientes de CHANG (1986) y BROWN (1987).

Los **procesos de cambio** son tratados por LEOPOLD (1973), BRICE (1974) y ALLEN (1977), y en Gales por LEWIN (1976, 1977, 1978a, 1978b, et cols. 1977, 1983) y más recientemente en los artículos de LEWIN, MACKLIN & NEWSON (1988), RICHARDS & GREENHALG (1984) y HERBERTSON & FARES (1988). GRAF (1979) desarrolla, en este ámbito, la teoría del catastrofismo. Su investigación posterior, ya en la década siguiente, se centrará en las consecuencias de las crecidas de la inestabilidad de cauces (trabajos de 1983, 1984, 1988). La línea del papel geomorfológico de las crecidas y la impronta en el paisaje de las mismas, destacada en la escuela francesa, se desarrolla desde el artículo de STEWART & LAMARCHE (1967), siguiendo con los trabajos en Maryland de GUPTA & FOX (1974), los de HEY (1974), BAKER (1977) en Texas, ANDERSON & CALVER (1977, 1980), GUPTA (1983), YEN & YEN (1983).

El tema de las **relaciones y transición entre corrientes meandriiformes y braided** es tratado por autores como FREDSOE (1978), CARSON (1984a,b), FERGUSON (1984), o los holandeses STRUIKSMA & KLAASEN (1988). BRADLEY (1984) atribuye el paso de un modelo meandriiforme a otro braided en función de un aumento en la concentración de sedimentos.

3.- LOS AMBITOS DE ESTUDIO NO ANGLOSAJONES

En los años setenta tiene lugar la expansión fuera del ámbito anglosajón de los estudios de dinámica fluvial. Es muy difícil acceder a la bibliografía en muchos lugares. Consta, por ejemplo, el desarrollo de la línea de trabajo en Israel, careciendo de toda documentación al respecto. En todo caso, los países donde mejor desarrollado se encuentra el tema en los últimos años son los siguientes:

3.1.- Japón

Los estudios iniciados por HAYASHI en los años 70, y desarrollados en la década siguiente responden en buena medida a influencias anglosajonas, con trabajos en los que predomina el interés sedimentológico y las características del transporte en función de los materiales del lecho: KIKKAWA, IKEDA & KITAGAWA (1976), FUJITA (1982), HASEGAWA (1983), YAMAOKA & HASEGAWA (1984), IKEDA (1984, 1985).

3.2.- Italia

Es el tema preferente la evolución histórica de los cauces, principalmente en la cuenca del Po (PARIS, 1980; PELLEGRINI, 1980; PELLEGRINI et al., 1980; CASTIGLIONI, 1982; CASTIGLIONI & PELLEGRINI, 1981; BRAGA & GERVASONI, 1983; CARONI &

MARAGA, 1984, 1986) o bien en Marche (CONTI et al., 1983). También encontramos trabajos que insisten en la importancia de los aportes de materiales (MARAGA, 1983), proyectos de cartografía de la llanura de inundación (TESSARI, 1983) y aspectos sedimentológicos (ORI, 1979, 1982).

3.3.- Unión Soviética

Contamos con referencias muy antiguas, desconociendo cuáles son las tendencias recientes. Desde ROZOVSKII (1957) se desarrollan principios hidromorfológicos, destacando las aportaciones de POPOV (1964) y KONDRATIYEV (1968). ANTROPOVSKIY (1973) realiza un trabajo teórico sobre distintos procesos en cada tipo de canal. El mismo autor en 1972 sigue la línea de KONDITEROVA & IVANOV (1969), aplicando criterios cuantitativos y modelos de variación de longitud en meandros libres.

3.4.- Francia

No se llevan a cabo trabajos desde el punto de vista geomorfológico sino interesantes estudios de interacciones con un claro componente paisajístico. Así, KIRWALD (1975), RAPPE (1978), ROUX et al. (1982), AMOROS et al. (1982) plantean soluciones y alternativas para las áreas de ribera, como por ejemplo la protección de los cursos de agua con materiales naturales para respetar el paisaje. Es importante el conjunto de estudios centrados en el alto Ródano, realizados en el ámbito de una larga colaboración entre geógrafos y biólogos (PAUTOU et BRAVARD, 1982; BRAVARD, 1982). Además de Lyon, Toulouse es otro centro en el que encontramos los estudios de DECAMPS (1984), DECAMPS et al. (1988) y FORTUNE (1988), de claro interés por la influencia del hombre y el impacto ecológico.

4.- TENDENCIAS ACTUALES

La **diversidad temática** es la principal característica de las actuales tendencias de la dinámica fluvial, derivándose de la continuidad de todos los contenidos repasados en los apartados anteriores. No obstante, podemos observar en las investigaciones más recientes un especial interés por aspectos de ingeniería en relación con la ordenación de cauces y riberas (BROOKES, 1988; CHANG, 1988). En cierta medida, se ha pasado del estudio de las interrelaciones entre los factores a analizar directamente impactos.

Las **consecuencias de las crecidas catastróficas** es otro de los temas preferentes, destacando el compendio de MAYER & NASH (1987), del que resaltamos el artículo de BAKER & COSTA sobre el poder morfogenético de las crecidas. Muy interesante es el conjunto de trabajos recopilado por BAKER, KOCHER & PATTON (1988) sobre geomorfología de crecidas fluviales, que se completa con el de BEVEN & CARLING (1989). Destacan dentro del mismo los artículos de WILLIAMS & COSTA, KOMAR (transporte de sedimentos), KOCHER (impacto geomorfológico de crecidas), y DUNNE (control de las crecidas por métodos geomorfológicos)

La ordenación ecológica del medio natural aparece en las obras de PETTS (1984) y PETTS & FOSTER (1985). La rehabilitación de cauces antropizados se trata en HARVEY, WATSON & SCHUMM (1982), mientras MOSLEY (1984) analiza las consecuencias de la canalización en la estabilización de las orillas. REID (1984) se interesa por el control de la erosión por medios artificiales en las concavidades, situándose en la misma línea el artículo de WINKLEY et al. (1984).

El cambio histórico sigue siendo un aspecto muy estudiado (PETTS, MÖLLER & ROUX, 1989). GREGORY, LEWIN & THORNES (1987) muestran un especial interés por la paleohidrología. Dentro del ámbito anglosajón, la corriente más versátil en cuanto a temas y fructífera en lo referente a cantidad de trabajos es, actualmente, la galesa, encabezada por LEWIN.

En Francia, tal como hemos visto en el apartado 3.4., autores como BRAVARD, AMOROS y PAUTOU estudian impactos de las obras de ingeniería civil en la vegetación. Muy interesante es el trabajo de AMOROS et al. (1982), una cartografía aplicada a la gestión ecológica de las aguas que sienta las bases para las investigaciones actuales. También se tratan los problemas de la extracción de gravas (BEAUDELIN, 1987).

BIBLIOGRAFIA

- ACKERS, P. & CHARLTON, F.G. (1970a): Dimensional analysis of alluvial channels with special reference to meander length. *Journal of Hydraulics Research*, 8, 287-316.
- ACKERS, P. & CHARLTON, F.G. (1970b): The geometry of small meandering streams, *Proc. Inst. Civil Engineers*, Paper 73285, 289-317.
- ACKERS, P. & CHARLTON, F.G. (1970c): The slope and resistance of small meandering channels. *Proceedings of the Inst. of Civ. Eng.*, 47, 7362-S, 349-370.
- ALEXANDER, C.S. & NUNNALLY, N.R. (1972): Channel stability on the lower Ohio River. *Annals of the Ass. Am. Geogr.* 62, 411-417.
- ALEXANDER, D. (1979): Simulation of channel morphology: Problems and prospects. *Progress in Physical Geography*, 3 (4), 544-573.
- ALLEN, J.R. (1977): Changeable rivers: some aspects of their mechanics and sedimentation, in GREGORY, K. J. (Ed.): *River channel changes*, 15-45.
- AMOROS, C. et al. (1982): *Cartographie appliquée a la gestion écologique des eaux*. C.N.R.S. Paris.
- ANDERSON, A.G. (1967): On the development of stream meanders. *Proc. 12th Cong. IAHR*, Colorado, 1, 370-378.
- ANDERSON, M.G. & CALVER, A. (1977): On the persistence of landscape features formed by a large flood. *Transactions of the Institute of British Geographers New Series*, 2, 243-254.
- ANDERSON, M.G. & CALVER, A. (1980): Channel plan changes following large floods. In CULLINGFORD, R.A.; DAVIDSON, D.A. & LEWIN, J. (Eds.): *Timescales in Geomorphology*. 43-52.
- ANTROPOVSKIY, V.I. (1972): Quantitative criteria of channel macroforms. *Soviet Hydrology*. 1972, 477-484.
- ANTROPOVSKIY, V.I. (1973): Criterial relation of types of channel processes. *Soviet Hydrology*. 5, 371-381.
- ASHMORE, P.E. (1982): Laboratory modelling of gravel braided stream morphology, *Earth Surface Processes and Landforms*, 7, 201-225.
- BAGNOLD, R.A. (1960): Some aspects of the shape of river meanders. *Prof. Pap. U. S. geol. Surv.*, 282-E.
- BAIRD, J.I. & ERVINE, D.A. (1984): Resistance to flow in channels with overbank flood-plain flow. *1st. Int. Conf. channels and channel control structures*, 4, 137-150, Southampton.
- BAKER, V.R. (1977): Stream channel response to floods with examples from central Texas. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1057-1071.

- BAKER, V.R. & COSTA, J.E. (1987): Flood power. In MAYER, L. & NASH, D. (Eds.): *Catastrophic Flooding*. 1-22, Allen & Unwin, London.
- BAKER, V.R., KOCHER, C.R. & PATTON, P.C. (1988): *Flood Geomorphology*, Wiley, 503 p.
- BAULIG, H. (1948): Le problème des méandres. *Bull. Soc. Belge Et. Géogr.*, 103-143.
- BEAUDELIN, P. (1987): Les méfaits des extractions des galets de la Garonne. *Adour Garonne*, **34**, 10-13.
- BEGIN, Z.B. (1981a): The relationship between flow shear stress and stream pattern, *J. Hydrol.*, **52**, 307-319.
- BEGIN, Z.B. (1981b): Stream curvature and bank erosion: a model based on the momentum equation. *Journal of Geology*, **89**, 497-504.
- BEJAN, A. (1982): Theoretical explanation for the incipient formation of meanders in straight rivers. *Geophys. Res. Let.* **9**, 831-834.
- BENNETT, R.J. (1976): Adaptive adjustment of channel geometry. *Earth Surface Processes*, **1**, 131-150.
- BETTES, R. & WHITE, W.R. (1983): Meandering and braiding of alluvial channels, *Proc. Instn. Civ. Engrs.*, **157-2**, 525-538.
- BEVEN, K.J. & CARLING, P. (1989): *Hydrology, Sedimentology & Geomorphological Implications of Floods*, Wiley, 304 p.
- BHOWMIK, N.G. & STALL, J.B. (1979): Hydraulic geometry and carry capacity of floodplains, *Research Report*, **145**, Water Resources Center, University of Illinois.
- BIROT, F. (1952): Sur le mécanisme des transports solides dans les cours d'eau. *Revue de Géomorphologie Dynamique*, **3**, 105-141, Paris.
- BLONDEAUX, P. & SEMINARA, G. (1985): A unified bar-bend theory of river meanders. *Journal of Fluid Mechanics*, **157**, 449-470.
- BLUCK, B.J. (1971): Sedimentation in the meandering River Endrick, *Scott J. Geol.*, **7**, 93-138.
- BRADLEY, J.B. (1984): Transition of a meandering river to a braided system due to high sediment concentration flows. *Rivers '83. Amer. Soc. Civ. Engr.*, 89-100.
- BRAGA, G. & GERVASONI, S. (1983): Evoluzione storica dell'alveo del fiume Po nel territorio Lodigiano-Piacentino: rischi idrogeologici connessi. *Atti Convegno Naz. "Il suolo come risorsa"*, **60**, 59-69.
- BRAVARD, J.P. (1982): A propos de quelques formes fluviales de la vallée du Haut-Rhône français. *Rev. Géogr. Lyon* **57(1)**, 39-49.
- BRICE, J.C. (1964): Channel patterns and terraces of the Loup River in Nebraska. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, **422-D**, 1-41.
- BRICE, J.C. (1973): Meandering pattern of the White River in Indiana. An analysis. In MORISAWA, M.E. (Ed.): *Fluvial Geomorphology*. State University of New York, Binghamton. 179-200.
- BRICE, J.C. (1974): Evolution of meander loops. *Geol. Soc. Am. Bull.* **85**, 581-586.
- BRICE, J.C. (1975): Airphoto interpretation of the form and behavior of alluvial rivers. *Final Report for U.S. Army Research Office*.
- BRICE, J.C. (1984): Planform properties of meandering rivers. In ELLIOTT C.M. (Ed.): *River Meandering: proceedings of the Conference Rivers '83*. Am. Soc. Civ. Eng. 1-14.
- BRIDGE, J.S. (1984): Flow and sedimentary processes in river bends: comparisons of field observations and theory. In ELLIOTT C.M. (Ed.): *River Meandering: proceedings of the Conference Rivers '83*. Am. Soc. Civ. Eng. 857-872.
- BRIDGE, J.S. & JARVIS, J. (1976): Flow and sedimentary processes in the meandering River South Esk, Glen Clova, Scotland. *Earth surface processes*, **1**, 303-336.
- BROOKES, A. (1988): *Channelized Rivers. Perspectives for Environmental Management*, Wiley, 344 p.
- BROTHERTON, D.I. (1979): On the origin and characteristics of river channel patterns. *J. Hydrol.* **44**, 211-230.
- BROWN, A.G. (1987): Holocene floodplain sedimentation and channel response of the lower River Severn, United Kingdom. *Z. Geomorph. N. H.*, **31**, **3**, 293-310, Berlin-Stuttgart.
- BURKIHAM, D.E. (1972): Channel changes of the Gila River, Safford Valley, Arizona, 1846-1970. *Geol. Surv. Prof. Pap. U. S.* **655-G**, 1-24.
- CALLANDER, R.A. (1969): Instability and river meanders. *Journal of Fluid Mechanics*, **36**, 465-480.
- CALLANDER, R.A. (1978): River meandering. *Annual Review of Fluid Mechanics*, **10**, 129-158.
- CANDIDO, A.J. (1971): Contribuição ao estudo dos meandramentos fluviais. *Notícia Geomorfológica*, **11(22)**, 21-38. Universidade Católica de Campinas. Brasil.
- CARLSTON, C.W. (1965): The relation of free meander geometry to stream discharge and its geomorphic implications. *Amer. J. Sci.*, **263**, 864-885.

- CARONI, E.; MARAGA, F. (1984): Dimensionamento naturale degli alvei fluviali e torrentizi nel bacino padano, in relazione alle portate di piena. *Atti XIX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, A 19, 12 p., Pavia.
- CARONI, E.; MARAGA, F. (1986): Modellamenti naturali di un corso d'acqua sulacuale in assenza di contributi laterali. *Seminario su modelli dei fenomeni idraulico fluviali*, 253-268, Bologna.
- CARSON, M.A. (1984a): The meandering-braided river threshold: a reappraisal. *J. Hydrol.* **73**, 315-334.
- CARSON, M.A. (1984b): Observations on the meandering-braided river transition, Canterbury Plains, New Zealand. *N. Z. Geography*, **40**, 12-17 & 89-99.
- CASTIGLIONI, G.B. (1982): Questioni aperte circa l'antico corso del Brenta nei pressi di Padova. *Atti e Mem. Acc. Patav. Sc. Lett. Arti*, **94**.
- CASTIGLIONI, G.B.; PELLEGRINI, G.B. (1981): Geomorfologia dell'alveo del Brenta nella pianura tra Bassano e Padova. In ZUNICA, M. (cura): *Il territorio della Brenta*, 12-32, Padova.
- CHANG, H.H. (1979a): Geometry of rivers in regime. *Journal of Hydraulics Division American Society of Civil Engineers*, **105**, 691-706.
- CHANG, H.H. (1979b): Minimum stream power and river channel patterns. *J. Hydrol.* **41**, 303-327.
- CHANG, H.H. (1980): Geometry of gravel streams. *J. Hydraul. Eng. Am. Soc. Civil Eng.*, **106**, 1443-1456.
- CHANG, H.H. (1983): Energy expenditure in curved open channels. *J. Hydraul Eng. Am. Soc. Civil Eng.*, **109**, 1012-1022.
- CHANG, H.H. (1984a): Analysis of river meanders. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **110-1**, 37-50.
- CHANG, H.H. (1984b): Regular meandering path model. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **110-10**, 1398-1411.
- CHANG, H.H. (1985): River morphology and thresholds. *J. Hydr. Eng.* **111**, 503-519.
- CHANG, H.H. (1986): River channel changes: adjustments of equilibrium. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, **112-1**, 43-55.
- CHANG, H.H. (1988): On the cause of river meandering. In W.R. WHITE (Ed.): *International Conference on River Regime*. Wallingford, 18-20 may 1988, 83-94, Wiley.
- CHANG, H.H. (1988): *Fluvial processes in river engineering*, Wiley, 446 p.
- CHITALE, S.V. (1970): River channel patterns. *Am. Soc. Civ. Eng. Proc.*, **96-7038**, 201-221.
- CHITALE, S.V. (1973): Theories and relationships of river channel patterns. *J. Hydrol.* **19**, 285-308.
- CHORLEY, R.J. (Ed.) (1969): *Introduction to fluvial processes*, Methuen, 218 p.
- CHURCH, M. (1983): Patterns of instability in a meandering gravel bed channel. *Int. Assoc. Sedim. Sp. Publ.*, **6**, 169-180.
- CHURCH, M. & JONES, D. (1982): Channel bars in gravel-bed rivers. In HEY, R.D.; BATHURST, J.C. & THORNE, C.R. (Eds.): *Gravel-bed rivers*. Wiley, 291-338.
- COLEMAN, J.M. (1969): Brahmaputra River: channel processes and sedimentation. *Sediment. Geol.*, **3**, 625-648.
- CONTI, A.; EUSEBIO, L. di; DRAMIS, F. & GENTILI, B. (1983): Evoluzione geomorfologica recente e processi in atto nell'alveo del Tenna (Marche Meridionali). *Atti XXIII Congr. Geogr. It.*, Catania.
- DANIEL, J.F. (1971): Channel movement of meandering Indiana streams. *U. S. Geol. Survey Prof.* **732-A**, 1-18.
- DAVIS, W.H. (1913): Meandering valleys and underfit rivers. *Am. Assoc. Geog. Ann.*, **3**, 150-152.
- DECAMPS, H. (1984): Towards a landscape ecology of river valleys. In COOLEY, J.H. & GOLLEY, F.G. (Eds.): *Trends in Ecological Research for the 1980s.*, 163-178, New York.
- DECAMPS, H.; FORTUNE, M.; GAZELLE, F. & PAUTOU, G. (1988): Historical influence of man on the riparian dynamics of a fluvial landscape. *Landscape Ecology*, **1-3**, 163-173.
- DIETRICH, W.E. (1982): *Flow, boundary shear stress and sediment transport in a river meander*. Tesis doctoral inédita. Seattle Univ.
- DIPLAS, P.; KENNEDY, J.F.; ODGAARD, A.J. (1988): Stability of initially straight rivers. In W.R. WHITE (Ed.): *International Conference on River Regime*. Wallingford, 18-20 may 1988, 95-105, Wiley.
- DURY, G.H. (1962): Results of seismic exploration of meandering valleys. *Am. J. Sci.*, **260**, 691-706.
- DURY, G.H. (1965): General theory of meandering valleys. *U. S. Geological Survey Professional Paper* **452**.
- DURY, G.H. (1970): *Rivers and river terraces*. Macmillan, 283 p., London.
- EDGAR, D.E. (1984): The role of geomorphic thresholds in determining alluvial channel morphology. *Rivers '83 Amer. Soc. Civ. Eng.* 44-54
- ELLIOT, C. M. (Ed.) (1984): *River meandering*. Am. Soc. Civ. Eng., **1036**, New York.

- ENGELUND, F. & SKOVGAARD, O. (1973): On the origin of meandering and braiding in alluvial streams. *Journal of Fluid Mechanics*, 57-2, 289-302.
- FAIRCHILD, H.L. (1932): Earth rotation and river erosion. *Science*, 76, 423-427.
- FERGUSON, R.I. (1972): *Theoretical models of river channel pattern*. Tesis doctoral inédita. Cambridge Un.
- FERGUSON, R.I. (1975): Meander irregularity and wavelength estimation. *J. Hydrol.* 26, 315-333.
- FERGUSON, R.I. (1976): Disturbed periodic model for river meanders. *Earth Surface Proc.* 1, 337-347.
- FERGUSON, R.I. (1977): Meander migration: equilibrium and change. In GREGORY, K.J. (Ed.): *River Channel Changes*, 235-248.
- FERGUSON, R.I. (1979): River meanders: regular or random? In WRIGLEY, N. (Ed.): *Statistical applications in the spatial sciences*. Pion, 229-241, London.
- FERGUSON, R.I. (1984): The threshold between meandering and braiding, *Proc. 1st Intern. Conf. on Channels and Channel Control Structures*, Southampton. In SMITH, K.V.H. (Ed.), 615-629.
- FERGUSON, R.I. (1986): Hydraulics and hydraulic geometry. *Progress in Physical Geography*, 10(1), 1-31
- FERGUSON, R.I. (1987): Hydraulic and sedimentary controls of channel pattern. In RICHARDS, K. (Ed.): *River channels*. 129-158.
- FISK, H.N. (1944): *Geological investigation of the alluvial valley of the Lower Mississippi River*. Mississippi River Commission, 78 p., Vicksburg, Miss.
- FISK, H.N. (1947): *Fine-grained alluvial deposits and their effects on Mississippi river activity*, Mississippi River Comm. Waterways Experiment Station. 82 p., Vicksburg, Miss.
- FREDSOE, J. (1978): Meandering and braiding of rivers. *Journal of Fluid Mechanics*, 84, 609-624.
- FRIEDKIN, J.F. (1945): A laboratory study of the meandering of alluvial rivers. *U.S. Waterways Experimental Station*, Vicksburg, 40 pp.
- FUJITA, Y. (1982): On the formation of stream channel pattern. In *Proceeding of Third Congress of the Asian and Pacific Regional Division of the International Association for Hydraulic Research*. 276-287.
- GARDNER, T.W. (1973): *A model study of river meander incision*. Unpublished M.S. Thesis, Colorado State University, Fort Collins, 86 p.
- GORZYCKI, M.A. (1973): Hydraulic drag: a meander initiating mechanism. *Geol. Soc. Am. Bull.* 84, 175-186.
- GRAF, W.L. (1979): Catastroph theory as a model for change in fluvial systems. In RHODES, D.D. & WILLIAMS, G.P. (Eds.): *Adjustments of the fluvial system*. 13-32, Kendall Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- GRAF, W.L. (1983): Flood-related channel changes in an arid-region river, *Earth surface processes and landforms*, 8 (2); 125-139.
- GRAF, W.L. (1984): A probabilistic approach to the spatial assessment of river channel inestability. *Water Resour. Res.*, 20, 953-962.
- GRAF, W.L. (1988): Definition of flood plains along arid-region rivers. In BAKER, V.R.; KOCHER, R.C. & PATTON, P.C. (Eds.): *Flood Geomorphology*, Wiley, 231-242.
- GREGORY, K.J. (1976): Changing drainage basins. *Geographical Journal*, 142 (2), 238-247.
- GREGORY, K.J. (Ed.) (1977): *River Channel Changes*. Wiley, Chichester.
- GREGORY, K.J. (1978): Fluvial processes in British basins. The impact of Hydrology and the prospect for Hydrogeomorphology. *Geomorphology. Present problems and futur prospects*, 40-72, Oxford.
- GREGORY, K.J. (Ed.) (1983): *Background To Palaeohydrology*. Wiley, Chichester.
- GREGORY, K.J, LEWIN, J. & THORNES, J.B. (1987): *Palaeohydrology in Practice. A River Basin Analysis*, Wiley, 382 p.
- GREGORY, K.J. & WAILLING, D.E. (1973): *Drainage Basin. Form and processes*, 472 p, Arnold, London.
- GRIFFITHS, G.A. (1983): Stable channel design in alluvial rivers. *Journal of Hydrology*. 65, 259-270.
- GUPTA, A. (1983): High magnitude floods and stream channel response. *Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.* 6, 219-227.
- GUPTA, A. & FOX, H. (1974): Effects of high-magnitude floods on channel form: a case study in the Maryland piedmont. *Water Resour. Res.* 10, 499-509.
- GURNELL, A.M. & GREGORY, K.J. (1981): The influence of vegetation on stream channel processes. In BURT, T.P. & WALLING, D.E. (Ed.): *Catchment experiments in fluvial geomorphology*. 515-535.
- HANSEN, E. (1967): The formation of meanders as a stability problem. *Basic Res. Prog. Rep.* 13. Hydraul. Lab. Tech. Univ. Denmark, 9-13.
- HARVEY, M.D., WATSON, C.C & SCHUMM, S.A (1982) *A geomorphic approach to channel rehabilitation*. *Geol. Soc. Amer. Abs.* 15, 509 p.

- HASEGAWA, K. (1983): *A study of flows and bed topographies and planforms of alluvial meanders*. Tesis doctoral inédita. Hokkaido Univ.
- HASEGAWA, K. & YAMAOKA, I. (1984): Phase shifts of pools and their depths in meander bends. In ELLIOTT, C.M. (Ed.): *River Meandering: proceedings of the Conference Rivers '83*. Am. Soc. Civ. Eng. 885-894.
- HAYASHI, T. (1970): The formation of meanders in rivers. *Trans. Japan Soc. of Civil Engineers*, **180**.
- HENDERSON, F.M. (1961): Stability of alluvial channels, *Jour. Hydr. Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, **87**, 109-138.
- HERBERTSON, J.G. & FARES, Y.R. (1988): Characteristics of flow at the intersection of river meanders and flood relief (cut-off) channels. In WHITE, W.R. (Ed.): *International Conference on River Regime*. 18-20 May 1988, Wallingford. 191-202, Wiley.
- HEY, R.D. (1974): Prediction and effects of flooding in alluvial systems. *Prediction of Geological hazards*. Geol. Soc. Misc., **3**; 42-56.
- HEY, R.D. (1976): Geometry of river meanders. *Nature*, **262**, 482-484.
- HEY, R.D. (1978): Determinate hydraulic geometry of river channels. *J. Hydr. Div. Amer. Soc. Civil Eng.* **104**, 869-885.
- HEY, R.D. (1979a): Dynamic process-response model of river-channel development. *Earth Surface Processes*, **4**, 59-72.
- HICKIN, E.J. (1969): A newly identified process of point bar formation in natural streams. *Am. J. Sci.* **267**, 999-1010.
- HICKIN, E.J. (1974): The development of meanders in natural channels. *J. Hydr. Div. Amer. Soc. Civil Eng.* **104**, 869-885.
- HICKIN, E.J. (1977a): Hydraulic factors controlling channel migration. *Proc. 5th Guelph Symposium*. Norwich, 59-66.
- HICKIN, E.J. (1977b): The analysis of river planform responses to changes in discharge. In GREGORY, K.J. (Ed.): *River channel change*, 249-263, Wiley.
- HICKIN, E.J. & NANSON, G.C. (1975): The character of channel migration on the Beatton River, northeast British Columbia, Canada. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **86**, 487-494.
- HJULSTRÖM, F. (1935): Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. *Bull. of the Geol. Inst. Univ. of Uppsala*, **25**, 221-527.
- HOOKE, J.M. (1977): The distribution and nature of changes in river channel patterns: the example of Devon. In GREGORY, K.J. (Ed.): *River Channel Changes*, 265-280.
- HOOKE, J.M. (1980): Magnitude and distribution of rates of river bank erosion. *Earth Surface Processes*, **5**, 143-157.
- HOOKE, J.M. (1984): Changes in river meanders: a review of techniques and results of analyses. *Progress in Physical Geography*, **8**, 473-508.
- HOOKE, J.M. & HARVEY, A.M. (1983): Meander changes in relation to bend morphology and secondary flows. In COLLINSON, J.D. & LEWIN, J. (Eds.): *Modern and ancient fluvial systems*. Blackwell, 121-132, Oxford.
- HORTON, R.E. (1945): Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **56**, 275-370.
- HOWARD, A.D. (1982): Equilibrium and time scales in geomorphology. Application to sand-bed alluvial streams. *Earth surface processes and landforms*, **7**(4), 303-325.
- JACKSON, R.G. (1975): Velocity, bed form, texture patterns of meanders beds in the Lower Wabash River of Illinois and Indiana, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **86**, 1511-1522.
- JOHNSON, R.H. & PAYNTER, J. (1967): The development of a cutoff on the River Irk at Chadderton, Lancashire. *Geography*, **52**, 41-49.
- KALLIOLA, R. & PUHAKKA, M. (1988): River dynamics and vegetation mosaicism: a case study of the River Kamajohka, northernmost Finland. *Journal of Biogeography*, **15**, 703-719.
- KELLER, E.A. (1971): Pools, riffles and meanders: discussion. *Geol. Soc. Am. Bull.* **82**, 279-280.
- KELLER, E.A. (1972): Development of alluvial stream channels: a five stage model. *Geol. Soc. Am. Bull.* **83**, 1531-1540.
- KELLER, E.A. & MELHORN, W.N. (1978): Rhythmic spacing and origin of pools and riffles. *Bull. Geol. Soc. Am.* **89**, 723-730.
- KELLER, R. (1982): Effect of river regulation on channel stability. In HEY, R.D. et al. (Eds.): *Gravel-bed rivers*. 685-705.

- KELLERIALS, R.; CHURCH, M. & BRAY, D.I. (1976): Classification and analysis of river processes. *J. Hydr. Div.* **102**, HY7: 813-829.
- KELSEY, H.M. (1977): Landsliding, channel changes, sediment yield and land use in the Van Duzen River basin, north coastal California, 1941-1975. *Geol. Soc. Amer. Bull.* **91**, 1119-1216.
- KHAN, H.R. (1971): *Laboratory study of alluvial river morphology*. Tesis doctoral. Colorado State Univ. 189 p.
- KIKKAWA, H., IKEDA, S. & KITAGAWA, A. (1976): Flow and bed topography in curved open channels. *J. Hydraul. Div., Am. Soc. Civil Eng.*, **102**, 1327-1342.
- KIRKBY, M.J. (1972): Alluvial and non alluvial meanders. *Area*, **4**, 284-288.
- KIRWALD, E. (1975): L'intégration des cours d'eau dans le paysage et leur protection par des matériaux naturels. *Rev. Forestière Française*, **6**, 467-487.
- KITANIDIS, P.K. & KENNEDY, J.F. (1984): Secondary current and river-meander formation. *Journal of Fluid Mechanics*, **144**, 217-229.
- KLIMEK, K. (1974): The retreat of alluvial river banks in the Wisloka valley (South Poland). *Geographia Polonica*, **28**, 59-75.
- KNIGHTON, A.D. (1973): Riverbank erosion in relation to streamflow conditions, River Bollin-Dean, Cheshire. *East Midland Geographer*, **5(8)**, 416-426.
- KNIGHTON, D. (1984): *Fluvial forms and processes*. Arnold, 218 p., London.
- KNOX, J.C. (1977): Human impacts on Wisconsin stream channels. *Ann. Ass. Am. Geogr.* **67**, 323-342.
- KONDITEROVA, E.A. & IVANOV, I.V. (1969): Pattern of variation of the length of freely meandering rivers. *Soviet Hydrology*, **4**, 356-364.
- KONDRATIYEV, N.Y. (1968): Hydromorphological principles of computations of free meandering. *Soviet Hydrology*, **4**, 309-335.
- KRINITZSKY, E.L. (1965): Geological influences on bank erosion along meanders of the lower Mississippi River. *U.S. Army Corps Eng. Engineer Waterways Experimental Station*, **12-15**, 30 p.
- LABOUREUR, S. (1951): La localisation des méandres dans le réseau hydrographique de la plaine du Po. *Bull. Assoc. Geogr. Français*, **218/219**, 100-105.
- LACZAY, I.A. (1973): Meander development on the river Hernád (Hungarian). *Atlas of Hungarian Rivers*, **16**, Research Institute for Water Resources Development, Budapest.
- LAMBERT, R. et VIGNEAU, J.P. (1981): Les inondations catastrophiques de juillet 1977 en Gascogne. Etude géographique d'une situation. Problèmes de prévision et de prévention. *Annales de Géographie*, **497**, 1-54.
- LANE, E.W. (1957): A study of the shape of channels formed by natural streams flowing in erodible material. *MRD Sediment Series 9, U.S. Army Eng. Div.* 1-106.
- LANGBEIN, W.B. & LEOPOLD, L.B. (1966): River meanders: theory of minimum variance. *Prof. Pap. U. S. Geol. Surv.*, **422-F**, 15 p.
- LANGBEIN, W.B. & LEOPOLD, L.B. (1968): River channel bars and dunes: theory of kinematic waves *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, **422-L**, 19 p.
- LEOPOLD, L.B. (1973): River channel change with time: an example. *Bull. Geol. Soc. Am.* **84**, 1845-1860.
- LEOPOLD, L.B. (1982): Water surface topography in river channels and implication for meander development. In HEY, R.D. et al. (Eds.): *Gravel-bed rivers*. 359-388.
- LEOPOLD, L.B.; BAGNOLD, R.A.; WOLMAN, M.G. & BRUSH, L.M. (1960): Flow resistance in sinuous or irregular channels. *U.S. Geol. Surv. prof. pap.* **282-D**, 111-134.
- LEOPOLD, L.B. & LANGBEIN, W.B. (1966): River meanders, *Scientific American*, **15** (6), 60-69.
- LEOPOLD, L.B. & MADDOCK, T. (1953): The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. *Prof. Pap. U. S. Geol. Surv.*, **252**.
- LEOPOLD, L.B. & WOLMAN, M.G. (1957): River channel patterns: straight, meandering and braided, *U. S. Geol. Surv. Profess. Papers*, **282-B**, 39-85.
- LEOPOLD, L.B. & WOLMAN, M.G. (1960): River meanders. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **71**, 769-794.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G. y MILLER, J.P. (1964): *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman, 522 p., London.
- LEWIN, J. (1976): Initiation of bed forms and meanders in coarse-grained sediment. *Geological Society of America Bulletin*, **87**, 282-285.
- LEWIN, J. (1977): Channel pattern changes. In GREGORY, K. J.: *River channel changes*, 167-184.
- LEWIN, J. (1978a): Floodplain geomorphology. *Progress in Physical Geography*, **2**, 408-437.

- LEWIN, J. (1978b): Meander development and floodplain sedimentation: a case-study from mid-Wales. *Geological Journal*, **13**, 25-36.
- LEWIN, J.; DAVIES, B.E. & WOLFENDEN, P.J. (1977): Interactions between channel change and historic mining sediments. In GREGORY, K.J. (1977): *River Channel Changes*, 353-367.
- LEWIN, J.; MACKLIN, M.G. & NEWSON, M.D. (1988): Regime theory and environmental change - irreconcilable concepts?. In WHITE, W.R. (Ed.): *International Conference on River Regime*. Wallingford, 18-20 May 1988, 431-445.
- MAIZELS, J. (1988): Sediment size and channel changes in braided and meandering gravel-bed streams, Upper Deeside, Scotland. In WHITE, W.R. (Ed.): *International Conference on River Regime*. Wallingford, 18-20 May 1988, 215-230.
- MARAGA, F. (1983): Morphologie fluviale et migration des cours d'eau dans la Haute Plaine du Pô. *Geol. Jb.*, **A 71**, 219-236, Hannover.
- MAYER, L. & NASH, D. (1987): *Catastrophic Flooding*. Allen & Unwin, London.
- MOLLARD, J.D. (1973): Airphoto interpretation of fluvial features. *Proc. Hydrol. Symp. "Fluvial Processes and Sedimentation"*, 341-380, Edmonton.
- MORISAWA, M.E. (1968): *Streams: their dynamics and morphology*, McGraw-Hill, 175 p., New York.
- MORISAWA, M.E. (1973): *Fluvial Geomorphology*. Publications in Geomorphology, State University of New York, 314 p., Binghamton.
- MORISAWA, M.E. (1981): *Fluvial morphology*, G. Allen & Unwin, 314 p., London
- MORISAWA, M.E. (1983): *Rivers*, 224 p, Longman, London.
- MORISAWA, M.E. (1985): *Rivers. Form and process*. Longman, 222 p., London.
- MOSLEY, M.P. (1975): Meander cutoffs on the River Bollin, Chesire, in July 1973. *Revue de Geomorphologie Dynamique*. **24**, 21-31.
- MOSLEY, M.P. (1984): Channelisation and bank stabilisation. In FINCKEL, C.W. (Ed.): *Encyclopaedia of Applied Geology*, Reinhold, 40-5, New York.
- NANSON, G.C. (1980a): Point-bar and flood-plain formation of the meandering Beatton River, northeastern British Columbia, Canada, *Sedimentology*, **27**, 3-30.
- NANSON, G.C. & HICKIN, E.J. (1983): Channel migration and incision on the Beatton River. *J. Hydr. eng. Am. Soc. Civ. Eng.* **109**, 327-336.
- NANSON, G.C. & PAGE, K. (1983): Lateral accretion and floodplain formation of fine-grained concave benches on meandering rivers. In COLLINSON & LEWIN: *Modern and ancient fluvial systems*, 133-145.
- NELSON, J. & SMITH, J.D. (1985): Numerical prediction of meander evolution. *EOS*, **66**, 910.
- ODGAARD, A.J. (1986): Meander flow model. I. Development; II. Applications. *J. Hydr. Div. Am. Soc. Civ. Eng.* **112**, 1117-1136.
- OLLERO, A. (1989): *Estudio ecogeográfico de los meandros del Ebro en el sector Rincón de Soto-Novillas*. Memoria de licenciatura (inérita). Universidad de Zaragoza.
- ORI, G.G. (1979): Barre di meandre nelle alluvioni ghiaiose del fiume Reno (Bologna). *Bull. Soc. Geol. Ital.*, **98**, 35-54.
- ORI, G.G. (1982): Braided to meandering channel patterns in humid-region alluvial fan deposits, River Reno, Po Plain (northern Italy). *Sediment. Geol.*, **31**, 231-248.
- PARDE, M. (1951): Sur le mécanisme des transports solides effectués par les rivières et sur l'altération consécutive des lits fluviaux. *Revue Géographique Alpine*. **5-40**, 289-315, 757-788.
- PARIS, E. (1980): Un metodo per il calcolo del coefficiente di scabrezza in alvei mobili. *L'En Elettrica*, **12**, 575-581.
- PARK, C.C. (1977a): World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: an analysis and some observations. *J. Hydrol.* **33**, 133-146.
- PARK, C.C. (1977b): Man-induced changes in stream channel capacity, in GREGORY, K. J.(Ed.): *River channel changes*, 121-144.
- PARKER, G. (1976): On the cause and characteristic scales of meandering and braiding in rivers. *Journal of Fluid Mechanics*, **76-3**, 457-480.
- PARKER, G. (1979): Hydraulic geometry of active gravel rivers. *Journal of the Hydraulics Division American Society of Civil Engineers*, **105**, 1185-1201.
- PARKER, G. & ANDREWS, E.D. (1985): Sorting of bedload sediments by flow in meander bends. *Water Resources Research*. **21**, 1361-1373.
- PASCHE, E. & ROUVE, G. (1985): Overbank flow with vegetatively roughened floodplains, *J. Hydraul. Eng.*, **111**, 1262-1278.

- PAUTOU, G. et BRAVARD, J.P. (1982): L'incidence des activités humaines sur le dynamisme de l'eau et l'évolution de la végétation dans la vallée du Haut-Rhône. *Revue de Géographie de Lyon*, 57, 63-79.
- PELLEGRINI, G.B. (1980): Evoluzione dell'alveo del fiume Brenta negli ultimi cento anni. *C.N.R.-P.F. Conservazione del Suolo*. Ist. Geogr. Univ. Padova.
- PELLEGRINI, M.; PEREGOS, S. & TAGLIAVINI, S. (1980): La situazione morfologica degli alvei degli affluenti emiliani del Po. *Convenio di idraulica padana*, Parma.
- PETTS, G.E. (1977): Channel response to flow regulation: the case of the river Derwent, Derbyshire. In GREGORY, K.J. (Ed.): *River channel changes*. 145-164.
- PETTS, G.E. (1979): Complex response of river channel morphology subsequent to reservoir construction, *Progress in physical geography*, 3(3), 329-363.
- PETTS, G.E. (1983): *Rivers*. 228 p., Butterworths, London.
- PETTS, G.E. (1984): *Impounded Rivers. Perspectives for Ecological Management*, Wiley, 344 p.
- PETTS, G.E. & FOSTER, I. (1985): *Rivers and Landscape*. Arnold, 274 p., London.
- PETTS, G.E., MÖLLER, H. & ROUX, A.L. (1989): *Historical Change of Large Alluvial Rivers*, Wiley, 400 p.
- PICKUP, G. (1976b): Adjustment of stream channel shape to hydrologic regime. *Journal of Hydrology*, 30, 365-373.
- PIERCE, R.S. et al. (1970): Effect of elimination of vegetation on stream water quantity and quality. *Internat. Assoc. Sci. Hyd. Pub.*, 96, 311-328.
- POPOV, I.V. (1964): Hydromorphological principles of the theory of channel processes and their use in hydrotechnical planning. *Soviet Hydrology*, 2, 188-195.
- QURAIHII, M.S. (1944): The origin of curves in rivers. *Am. J. Sci.* 13, 36-39.
- RADOJKOVIC, M. (1976): Mathematical modelling of rivers with floodplains, *3rd Ann Symp. Waterways, Harbours and Coastal Eng. Div. Am. Soc. Civil. Eng.*, vol 1: Rivers.
- RAPPE, A. et al. (1978): Courage et rectification des cours d'eau. *Aves. Bureau du Service de Protection*. 6/78, Bruxelles.
- REID, J.B. (1984): Artificially induced concave bank deposition as a means of flood plain erosion control. In ELLIOTT, M.C. (Ed.): *River meandering: proceedings of the Conference Rivers '83 Am. Soc. Civ. Eng.* 295-305.
- RIIODES, D.D. (1978): World-wide variations in hydraulic geometry exponents of stream channels: an analysis and some observations - comments. *J. Hydrol.* 39, 193-197.
- RICHARDS, K.S. (1973): Hydraulic geometry and channel roughness: a non-linear system. *Amer. J. Sci.* 273, 877-896.
- RICHARDS, K.S. (1976): Channel width and the riffle-pool sequence. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87, 883-890.
- RICHARDS, K.S. (1977): Channel and flow geometry: a geomorphological perspective, *Progress in Physical Geography*, 1, 65-104.
- RICHARDS, K. (1982): *Rivers: Form and processes in alluvial channels*, 358 p., Methuen, London.
- RICHARDS, K. (1987): *River channels*. Methuen, London.
- RICHARDS, K. & GREENHALGH, C. (1984): River channel change: problems of interpretation illustrated by the river Derwent, North Yorkshire. *Earth surface processes and landforms*, 9(2), 175-180.
- RIMBERT, S. (1963): Aspects morphodynamiques d'une crue. Le Gard à Ners en 1958. *Photo-interprétation*, 2, 36-42.
- ROUX, A.L. et al. (1982): *Cartographie polythématique appliquée à la gestion écologique des eaux. Etude d'un hydrosystème fluvial: le Haut-Rhône*. C.N.R.S. Paris.
- ROZOVSKII, I.L. (1957): Flow of water in bends of open channels. *Academian of Sciences of the Ukrainian SSR*, Kiev.
- RUNDQUIST, L.A. (1975): *A classification and analysis of natural rivers*. Tesis doctoral. Colorado State Univ. 377 p.
- RUST, B.R. (1978): A classification of alluvial channel systems, in MIALI, A.D. (Ed.): *Fluvial Sedimentology*, Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, 187-198.
- SCIUUMM, S.A. (1960): The shape of alluvial channels in relation to sediment type. *U. S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 352-B, 17-30.
- SCIUUMM, S.A. (1963): A tentative classification of alluvial river channels. *U. S. Geol. Surv. Paper* 477, 10 pp., 3 fig.
- SCIUUMM, S.A. (1965): Quaternary palaeohydrology, in WRIGHT, H.E. & FREY, D.G. (Ed.): *The Quaternary of the United States*, Princeton Univ. Press, 783-793.

- SCHUMM, S.A. (1967): Meander wavelength of alluvial rivers. *Science*, **157**, 1549-1550.
- SCHUMM, S.A. (1968): River adjustment to altered hydrologic regimen. Murrumbidgee River and paleochannels, Australia. *U. S. Geol. Surv. Prof.*, Paper **598**, 65 pp. 36 fig.
- SCHUMM, S.A. (1972): *River morphology*, Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsboung.
- SCHUMM, S.A. (1977): *The fluvial system*, 338 p., Wiley, London.
- SCHUMM, S.A.; HARVEY, M.D. & WATSON, C.C. (1984): *Incised channels. Morphology, Dynamics and Control*. Water Resources Publications, 200 p., Littleton, Colorado.
- SCHUMM, S.A. & LICHTY, R.W. (1963): Channel widening and flood-plain construction along Cimarron River in south-western Kansas. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.* **352-D**, 71-88.
- SCHUMM, S.A., MOSLEY, M.P. & WEAVER, W.E. (1987): *Experimental Fluvial Geomorphology*, J. Wiley & Sons, 428 p., Chichester.
- SHAHJAHAN, M. (1970): Factors controlling the geometry of fluvial meanders. *Internat. Assoc. Sci. Hyd. Bull.*, **15**, 13-24.
- SHEN, H.W. & KOMURA, S. (1968): Meandering tendencies in straight alluvial channels. *Journal of Hydraulics Division, ASCE*, **94-HY4**, 893-908.
- SIMONS, D.B. & RICHARDSON, E.V. (1962): Resistance to flow in alluvial channels. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, **128**, 284-302.
- STARKEL, L. (1982): Evolution of the Vistula River Valley during the last 15.000 years. *Pol. Acad. Sci.*, **9-22**.
- STARKEL, L. (1983): The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15.000 years. In GREGORY, K.J.: *Background to Palaeohydrology*, J. Wiley & Sons, 213-235, Chichester.
- STEWART, J.H. & LAMARCHE, V.C. (1967): Erosion and deposition produced by the flood of December 1964 on Coffee Creek, Trinity County, California. *U. S. Geol. Surv. Prof. pap.* **422-K**, 22 p.
- STRUIKSMA, N. & KLAASSEN, G.J. (1988): On the threshold between meandering and braiding. In WHITE, W.R. (Ed.): *International Conference on River Regime. 18-20 May 1988*, Wiley, 107-120.
- TESSARI, F. (1983): Una carta degli interventi umani sui corsi d'acqua. Proposta di legenda ed esemplificazione applicativa. *Materiali Istituto di Geografia Un. Padova*, **4**, 20 pp.
- THORNE, C.R. & RAIS, S. (1984): Secondary currents in a meandering river. In ELLIOTT, C.M. (Ed.): *River meandering: proceedings of the Conference Rivers '83*. *Am. Soc. Civ. Eng.* 675-686.
- THORNE, C.R.; ZEVENBERGEN, L.W.; BRADLEY, J. & PITLICK, J.C. (1985): Measurements of bend flow hydraulics on the Fall River at bankfull stage. *Water Resources Field Support Laboratory Report*.
- TIFFANY, J.B. (1935): Model experiment to determine the direction energy of a river. *U.S. Waterways Exp.* **61-1**, 17 pp.
- TIFFANY, J.B. & NELSON, G.A. (1939): Studies of meandering of model streams. *Trans. Am. Geophysical Union*, **IV**, 644-649.
- TRICART, J. (1960): L'évolution du lit du Guil au cours de la crue de juin 1957. *Bull Sect. Géographie. Comité Trav. Hist. et Scientifiques*, **LXXII**, 169-403.
- VAN ALPHEN, J.S.; BLOKS, P.M. & HOEKSTRA, P. (1984): Flow and grainsize patterns in a sharply curved river bend. *Earth Surface Processes*, **9**, 513-522.
- WATSON, C.C.; SCHUMM, S.A. & HARVEY, M.D. (1983): Neotectonic effects on river patterns. In ELLIOTT (Ed.): *Proc. Conference on River Meanders*, 55-66.
- WERNER, P.W. (1951): On the origine of river meanders. *Trans. Amer. Geophys. Un.*, **32**, 898-902.
- WINKLEY, B.R., SCHUMM, S.A.; MAHMOOD, K.; LAMB, M.S. & LINDER, W.M. (1984): New developments in the protection of irrigation, drainage and flood-control structures on rivers. *Proc. Symp. Int. Comm. Irrig. Drain.*, 69-111.
- YALIN, M.S. (1971): On the formation of dunes and meanders. *Proceedings 14th Int. Congress Int. Ass. Hydr. Res.* **3 (C-13)**, 1-8.
- YEN, B.C. & YEN, C.L. (1983): Flood flow over meandering channels. *Rivers Meandering Conf.*, 554-561.
- ZIMPFER, G.L. (1975): *Development of laboratory river channels*. Tesis doctoral. Colorado State Univ. 111 p.