

Análisis espacial de la geometría de meandros abandonados recientes en la Vega Media del Segura (Murcia)

R. García Lorenzo¹, C. Conesa García², P. Pérez Cutillas³

¹ Dirección General de Medio Ambiente, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

² Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Campus de la Merced, s/n, 30001 Murcia.

³ Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, CSIC, Espinardo, Murcia.

rafaelgl@um.es, cconesa@um.es, pedrope@um.es

RESUMEN: La llanura aluvial de la Vega Media del Segura es un claro ejemplo de sistema geomorfológico dinámico, especialmente proclive a cambios ambientales rápidos en los que la acción humana ha sido cada vez más influyente. Desde las primeras obras de regulación del río Segura a finales del siglo XVIII la dinámica natural del Bajo Segura se ha visto en esta zona truncada por importantes alteraciones en el régimen de caudales, continuas actuaciones de confinamiento del cauce (diques, malecones y motas) y cortas artificiales debidas a encauzamientos, que han provocado un cambio sustancial en las características geométricas de los meandros. En el presente estudio se realiza un análisis secuencial y cuantitativo de la geometría de este tipo de cauce, a partir de diversas fuentes de datos gráficos, mapas históricos, topográficos, fotografías aéreas e imágenes de satélite. Los cálculos de elementos lineales (longitud, anchura, amplitud de onda, radio de curvatura, sinuosidad), referidos a los meandros, tanto abandonados como activos en cada una de las fechas analizadas, han sido efectuados en un entorno SIG y CAD. Los datos cuantitativos así obtenidos son de gran ayuda para establecer las principales fases históricas recientes en la evolución morfológica del Bajo Segura y definir los diferentes ciclos de estabilidad e inestabilidad de sus meandros (migración - *cut-off*).

Palabras-clave: Dinámica morfológica, geometría, meandros abandonados, Vega Media del Segura.

1. INTRODUCCIÓN

Los meandros son los principales responsables de la construcción y evolución de la llanura aluvial en los tramos bajos fluviales; de hecho, los procesos de erosión y sedimentación desarrollados en los arcos y sectores de inflexión de estos meandros controlan la forma del cauce y la dinámica morfológica y sedimentaria de la llanura de inundación adyacente (Hooke, 2007). La geometría de los meandros varía con el régimen de caudales y la naturaleza de los sedimentos tanto del cauce como de la llanura de inundación, siendo éste uno de los aspectos más ampliamente tratado en el ámbito de la geomorfología fluvial (Bridge y Dominic, 1984; Hooke, 2007, entre otros). En planta, un arco de meandro viene definido por la longitud del canal, anchura, amplitud, radio de curvatura y longitud de onda (Leopold y Wolman, 1957). Por lo general, dichos parámetros, junto al índice de sinuosidad, son utilizados para clasificar los cauces y determinar la variación de su geometría en el tiempo y a lo largo del valle. En la actualidad, suelen adoptarse relaciones empíricas entre los mismos, integradas incluso en modelos de simulación (Camporeale et al., 2005), para establecer comparaciones semicuantitativas de los trazados anteriores de un mismo río.

A menudo se relaciona la geometría de los meandros con los caudales líquidos y sólidos (en suspensión y carga de fondo), pero ello sólo puede hacerse para periodos cortos y en zonas próximas a estaciones con registros instrumentales de aforo (Brierley y Fryirs, 2006). Si se pretende ampliar a medio y largo plazo la escala temporal de trabajo, para abordar un período más largo de evolución fluvial, resultará más útil abordar el estudio de los meandros abandonados, en tanto que representan los cauces del pasado en el contexto de su llanura aluvial.

Los meandros abandonados son considerados como el episodio final del desarrollo por migración lateral de un arco de meandro, incluso en condiciones de equilibrio, donde no hay cambios significativos de la sinuosidad general (Hooke, 1995a y b). Son numerosos los trabajos que analizan las causas del abandono de meandros: estrangulamiento, acortamiento, etc. (Schumm, 1969; Kulemina, 1973; Mosley, 1975; Hooke y

Redmon, 1992; Zinger, 2011), así como su efecto en los cambios de sinuosidad global del río (Lewis and Lewin, 1983 y Hooke, 1991). Desde un punto de vista sedimentológico, los meandros abandonados actúan como zonas de captación de sedimento dentro de la llanura, registrando las facies sedimentarias de las sucesivas inundaciones, desde el momento de abandono hasta su relleno completo (Shields y Abt, 1989). Tales registros sedimentarios aportan una información muy útil para estudiar la evolución y cronología de las llanuras aluviales (Gagliano y Howard, 1984; Bridge et al., 1986; Erskine et al., 1992; Clevis et al., 2006; Tooth et al., 2006). Todas estas consideraciones hacen especialmente interesante el estudio de los meandros abandonados, aunque al mismo tiempo ofrecen diversas limitaciones (Uribelarrea, 2008). En primer lugar sólo representan un pequeño tramo fluvial que no tiene por qué ser representativo de un segmento más amplio. También es un hecho frecuente que en ríos meandriformes coexisten dentro de un mismo espacio fluvial arcos de meandro de diverso tamaño y forma. Además, suelen experimentar cambios en su anchura, por erosión de los márgenes con el tiempo (Reindfelds y Bishop 1998). La longitud tampoco es un parámetro muy exacto porque el proceso de estrangulamiento y reajuste posterior destruye parte del cauce abandonado, reduciendo así su longitud. Algo parecido ocurre con la longitud de onda.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, en el presente estudio se identificarán distintos cinturones de meandros abandonados en épocas recientes, atendiendo al grado de conexión, separación y distancia respecto al cauce activo actual y de principios del siglo XX, para luego analizar las variaciones espaciales de la geometría de los arcos y curvas que los forman y su sinuosidad general.

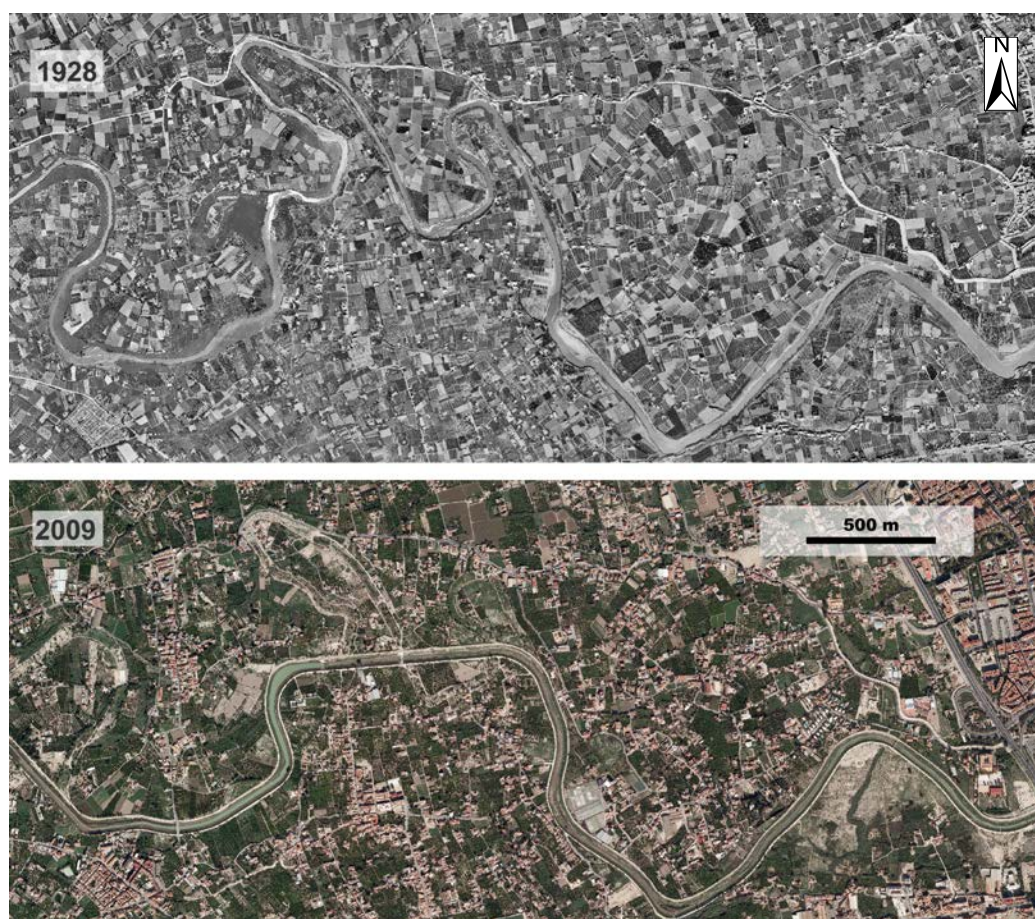


Figura 1. Cambio del trazado del Bajo Segura mediante cortas de meandros, Vega Media, entre el Rincón de Beniscornia y el Rincón de los Ortuños. Comparación de la fotografía aérea de Ruiz de Alda (1928) y la ortoimagen digital de 2009, PNOA. Fuente: IDERM.

En el ámbito mediterráneo español la cuenca del río Segura es un ejemplo paradigmático de la influencia del hombre en el trazado fluvial dentro de la llanura aluvial. El cauce de este tramo medio-bajo de río se halla actualmente situado en el borde sur del valle, confinado por diques naturales y artificiales (motas), entre 0 y 4 m por encima de la cota de la llanura de inundación (Conesa et al., 2012). La actividad

humana ha modificado profundamente la morfología natural del valle. De hecho, una antigua zona pantanosa existente en la parte nororiental del valle (El Hondo) ha venido siendo desecada desde el siglo XVIII (Canales y Vera, 1985). Con la modificación del régimen hidrológico y la densa red de obras de acondicionamiento, protección y derivación practicadas en el Segura, los ajustes morfológicos y sedimentarios no se hicieron esperar. De hecho, la meandrización, durante gran parte del siglo XX, estuvo controlada por los dispositivos de protección contra inundaciones, como las obras de regulación, canales de derivación, recrecimiento de los márgenes, etc. (Figura 1), que impedían una libre migración del cauce. Por otra parte, el área de su sección transversal había disminuido sustancialmente, como consecuencia de la construcción, en las primeras décadas de siglo, de embalses de cabecera que supusieron un importante efecto laminador de las avenidas.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La Vega Media del Segura ocupa la parte occidental del Bajo Valle del Segura, en las estribaciones orientales de las Cordilleras Béticas. Esta área se sitúa sobre el contacto entre la zona interna y externa de dicha cordillera (Montenat, 1977), y como consecuencia participa de los rasgos geotectónicos de ambos dominios. El borde meridional de la Vega Media (zona interna) lo componen materiales del Permotriás y Neógeno, y depósitos de ladera pleistocenos. En cambio, en el borde septentrional (zona externa) predominan las rocas sedimentarias (margas, areniscas y conglomerados) pertenecientes al Mioceno superior-Plioceno. La evolución de este amplio valle, orientado de ENE a OSO, se halla controlada por fallas activas, particularmente la de Crevillente al norte y la de Carrascoy al sur. Los frentes montañosos que flanquean el valle fueron elevados por la reactivación de ambas fallas en el Mioceno final, y retocados por una actividad tectónica que todavía persiste en la actualidad (Alfaro, 1995; y Rodríguez Estrella et al., 1999). Desde el Plioceno varias generaciones de abanicos aluviales se han desarrollado en la base de los frentes montañosos (Goy et al., 1989), dando lugar a un extenso sistema aluvial cuyos frentes distales enlazan directamente con la llanura fluvial del Segura.

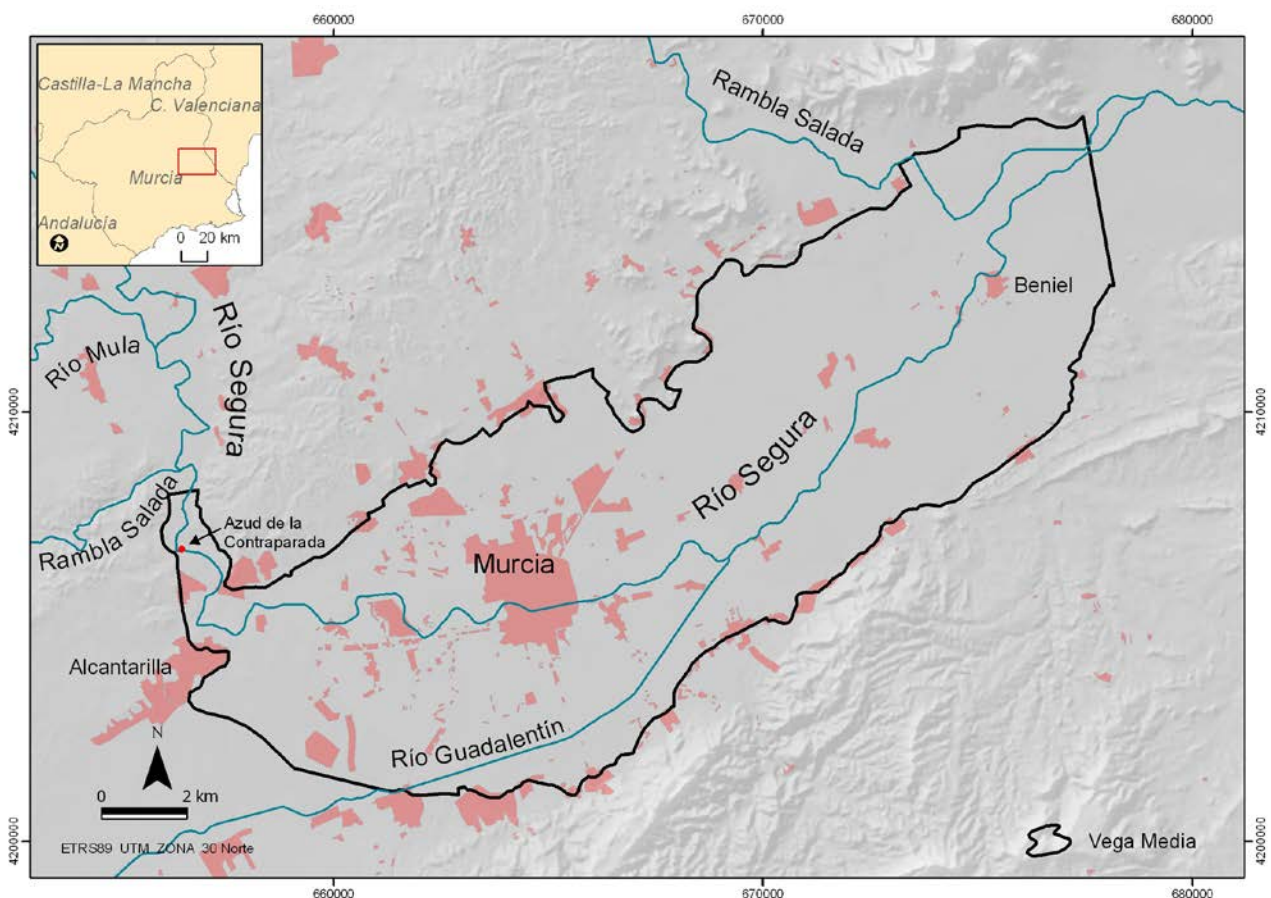


Figura 2. Área de estudio. Vega Media del Segura. Elaboración propia.

El tramo de estudio tiene una longitud de 30 km entre el paraje de El Soto, aguas arriba del azud de la Contraparada, y Beniel, muy cerca del límite provincial con Alicante.

En los primeros 4,2 km el río Segura se incorpora cerca de Alcantarilla a la depresión prelitoral murciana con una pendiente del 0,3%, a partir de la cual cambia su sentido N-S por el O-E. Tras un recorrido de 15,7 km recibe las aguas del río Guadalentín a través del canal del Reguerón, siendo en este tramo la pendiente de 0,09%. A partir de esta confluencia y hasta Beniel el sentido del río es SO-NE, adaptándose a la orientación de las sierras próximas, y la pendiente desciende a 0,065%.

El segundo tramo descrito, en el que se incluye el paso por la ciudad de Murcia, es el de más fases de meandros estudiados por disponer de una cartografía histórica que se remonta a 1928-1932 y por ser una de las zonas con más influencia antrópica en su trazado fluvial.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Para la reconstrucción de las fases de meandrización se han empleado distintas fuentes tales como mapas históricos de los siglos XVIII y XIX y principalmente fotografías aéreas (vuelo Ruiz de Alda 1928-1932, vuelo AMS 1956, vuelo PNOA 2009), sobre los que se han digitalizado los meandros abandonados con los indicios que ofrece el parcelario aprovechando el lecho del antiguo cauce. Sobre esta base cartográfica y fotográfica se ha realizado la morfometría de los meandros abandonados en un entorno SIG de ArcGIS y de AutoCAD. En primer lugar, fueron identificados y agrupados los diferentes elementos y geoformas del río pertenecientes a cada una de las fases objeto de estudio. Al primer tramo de meandros consecutivos se le asignó la letra "A", seguida del número correspondiente en orden creciente, en dirección O-E del flujo, continuando con el orden alfabético para los siguientes tramos. Mediante la aplicación del programa ArcGIS se realizaron las mediciones necesarias para la obtención de los datos correspondientes a la anchura del meandro, la longitud del *talweg* y la longitud de onda, mientras que con AutoCAD se obtuvo el radio de curvatura de los meandros y la amplitud de los mismos (Figura 3).

Entre los parámetros que definen la geometría de los meandros se encuentran los siguientes, adoptados por Martínez (1992), Conesa (1992), Uribebarrea et al. (2003), basados en trabajos de Leopold y Wolman (1957, 1960) y Leopold et al. (1964).

La longitud de *talweg* (λ) constituye un parámetro de escala, indicador del tamaño del meandro. Corresponde a la longitud del meandro, tomada a lo largo del *talweg*. Es la distancia entre dos puntos de inflexión del cauce y se la mide para poder obtener, junto con la longitud de onda, el índice de sinuosidad (IS). Da una idea del tamaño del meandro.

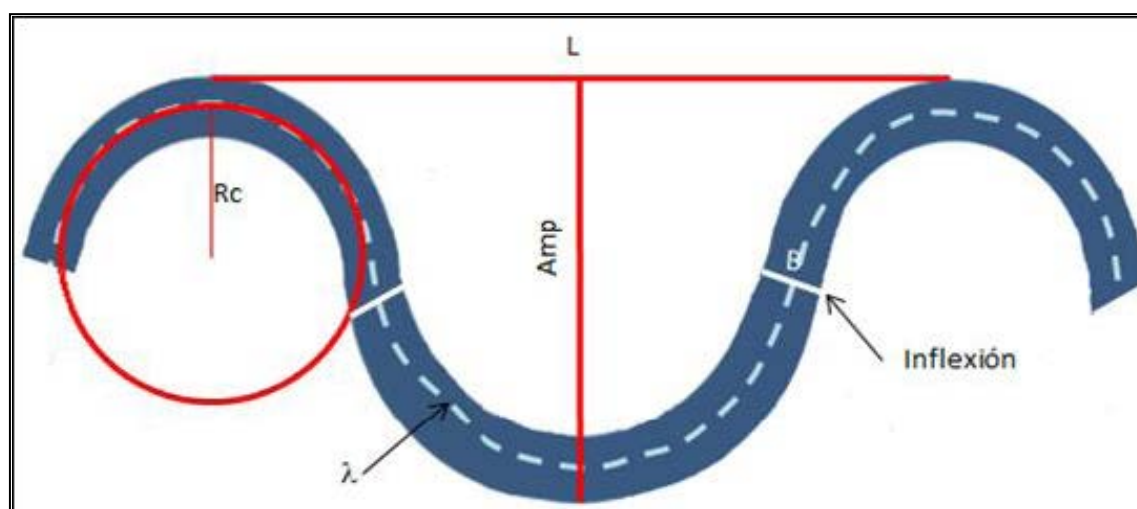


Figura 3. Parámetros utilizados en el análisis de geometría de los meandros L: longitud de onda; B: anchura; Rc: radio de curvatura; Amp.: amplitud; λ : longitud del talweg. Fuente: Gallego et al., 2014.

La longitud de onda (L) es un parámetro de forma; es la distancia que une en línea recta dos ápices alternos, medida desde el centro del canal. Es de cuantificación directa y es de dimensiones variables, dependiendo de la forma en el trazado del meandro, según se elongue en el sentido de la corriente o transversalmente a ella.

El radio de curvatura (R_c) es un parámetro de forma y corresponde a la distancia entre el centro de curvatura y el *talweg*, a lo largo del meandro. Para la obtención de los valores de este parámetro se trazaron círculos en cada meandro y se obtuvo el radio de cada uno. Por lo general, cada meandro presenta una evolución morfológica compleja, ofreciendo varios puntos medios desde donde pueden medirse otros tantos radios de curvatura; para el presente caso, se ha adoptado como referencia la posición intermedia de todos ellos.

La amplitud (Amp) es un parámetro de forma; mide la distancia transversal a la dirección media del río, tomada desde el ápice del lóbulo hasta el centro de su longitud de onda, dando idea del espacio ocupado por las curvas del río en su desplazamiento lateral. Es un parámetro complementario de la longitud del *talweg*.

La anchura (B) es un parámetro de escala y se obtiene midiendo la distancia entre ambas orillas, en los puntos de inflexión de cada meandro a nivel de desborde (Conesa y Álvarez, 1996).

Por último, el índice de sinuosidad (IS) es un parámetro de síntesis; relaciona uno de escala y uno de forma, siendo ellos la longitud del *talweg* (λ) y la longitud de onda (L), dando idea de lo que divagan los meandros con respecto a la dirección media del eje del río (Conesa, 1992). Para su cálculo se ha adoptado la fórmula de Leopold y Wolman (1957):

$$IS = \frac{\lambda}{L} \quad (1)$$

En este trabajo se han delimitado tres fases de meandrización: los de la fase I son los más recientes y próximos al trazado activo del río Segura en 1928 (vuelo Ruiz de Alda); los de la fase III son los meandros abandonados más antiguos y alejados de dicho trazado (dentro de una escala histórica), quedando en una etapa intermedia los de la fase II (Figura 4). Como criterios de pertenencia a una u otra fase se han utilizado la distancia al trazado actual del río y el grado de conexión con el mismo. De esta forma se incluyen en la fase I los meandros cuyo cuello de estrangulamiento forma parte del brazo activo del río en 1928-32, observándose en la fotografía aérea de esta fecha claros indicios de la presencia de recodos encharcados (*oxbow lakes*), cordones de acortamiento residuales (*remnant cutoff chutes*) y diques adyacentes (*new levees*). La fase II aparece integrada por meandros abandonados que sólo tienen uno de sus dos extremos conectados al cauce activo existente en la misma fecha, dentro de una zona de influencia inferior a 500 m, mientras los meandros abandonados agrupados en la fase III se hallan totalmente separados del río actual, con inflexiones máximas distantes de éste entre 500 y 1000 m.

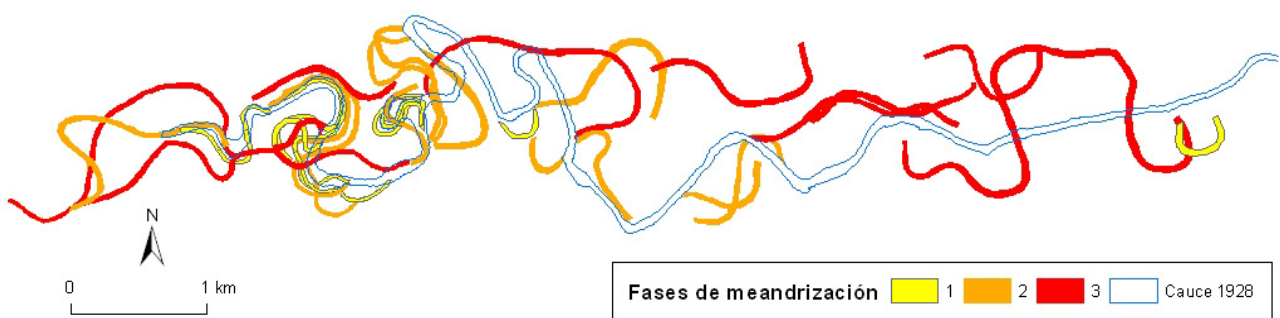


Figura 4. Fases de meandros abandonados reconocidas en la Vega Media del Segura a partir de cartografía histórica y fotografías aéreas. Elaboración propia.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización morfométrica de los meandros abandonados es muy diferente para cada una de las fases consideradas. En la fase I, más reciente, se aprecia el desarrollo de lóbulos de meandros de menor amplitud y radio de curvatura (Tabla 1).

En general integran esta fase una serie de meandros abandonados por procesos dominantes de estrangulamiento (*neck cut-off*) que suceden a episodios de acortamiento progresivo (*chute cut-off*). Ello

explica la abundancia de sedimentos finos en su relleno y la menor proporción de material arenoso en los bordes del meandro (Conesa et al., 2015). Los trazos de acreción lateral que preceden al estrangulamiento final de estos meandros, bien palpables en la fotografía aérea de 1928 (vuelo Ruiz de Alda) muestran dicha caracterización morfométrica. Se trata de unidades morfológicas que migran paralelas entre sí, con una topografía plana ligeramente inclinada hacia el margen convexo de cada meandro, provocando el aumento progresivo de su amplitud de onda. Su proximidad al trazado fluvial activo (p.e. paraje de El Soto) hace pensar en una fase previa de inestabilidad. En cambio, conforme los meandros abandonados ocupan una posición más alejada del cauce principal, su radio de curvatura y longitud de onda resultan ostensiblemente mayores (Tabla 1). Un claro ejemplo lo constituye el amplio meandro abandonado situado al sur de La Ñora, cerca de la acequia de Aljufía.

Tabla 1. Estadísticos morfométricos de diferentes fases de meandrización recientes en la Vega Media del Segura. Cada fase es identificada con el número que acompaña a los parámetros analizados.

	<i>N</i>	<i>Rango</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>Media</i>	<i>Desv típ</i>	<i>Asimetría</i>	<i>Error típico</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Error típico</i>
L. talweg1	55	1819,5	1,0	1820,5	269,1	346,3	3,390	0,322	13,561	0,634
L. talweg2	52	1211,7	0,3	1212,1	380,8	319,0	1,037	0,330	0,656	0,650
L. talweg3	65	1640,1	1,0	1641,0	327,9	410,2	1,821	0,297	2,856	0,586
Anchura1	46	34,6	12,6	47,2	30,9	7,8	0,613	0,350	-0,110	0,688
Anchura2	58	114,1	22,4	136,5	36,4	17,1	4,233	0,314	22,057	0,618
Anchura3	65	69,4	22,4	91,8	35,8	10,5	2,582	0,297	11,709	0,586
L. Onda1	2	39,9	331,2	371,2	351,2	28,2				
L. Onda2	7	807,8	383,8	1191,6	689,2	294,0	0,731	0,794	-0,299	1,587
L. Onda3	14	781,6	390,9	1172,4	763,4	250,3	0,357	0,597	-0,867	1,154
Amplitud1	2	47,4	321,4	368,8	345,1	33,5				
Amplitud2	6	434,6	72,3	506,9	298,4	179,6	-0,029	0,845	-2,3	1,741
Amplitud3	14	1065,1	66,0	1131,1	332,6	301,5	1,795	0,597	2,879	1,154
Radio C.1	5	140,5	64,6	205,1	122,3	67,6	0,622	0,913	-3,029	2
Radio C.2	10	355,3	81,7	437,1	165,7	103,1	2,362	0,687	6,358	1,334
Radio C.3	25	678,0	69,4	747,5	220,5	171,4	1,954	0,464	3,493	0,902
IS 1	10	3,1	1,2	4,3	2,7	0,9	0,169	0,687	-0,503	1,334
IS 2	12	1,0	1,4	2,4	1,8	0,3	0,540	0,637	0,250	1,232
IS 3	10	1,6	1,1	2,8	1,6	0,6	1,105	0,687	0,107	1,334

Los valores numéricos de cada parámetro morfométrico aluden a cada una de las tres fases de meandros abandonados, cuyos resultados se han comparado usando gráficas de cajas. En el gráfico de la figura 5 la parte inferior de la caja indica el percentil 25. El veinticinco por ciento de los casos tienen valores por debajo del percentil 25 y otro 25% por encima de la caja. Ello significa que el 50% de casos tienen un radio de curvatura comprendido entre los límites superior e inferior de la caja. Cuando se comparan la fase I y III, en la primera la mediana está muy cerca del borde inferior de la caja, por lo que la concentración de los valores más pequeños es mucho mayor que los datos más dispersos de mayor valor. Las otras fases presentan un mayor valor de mediana aunque también manifiestan valores atípicos, ya que no están dentro de la caja y superan el umbral del valor de la altura de la caja multiplicada por tres.

En el caso del índice de sinusidad (IS), el promedio en cada fase de meandros abandonados muestra un valor de 2,7 en la fase I (cercanos), 1,8 en la fase II y 1,6 en la III, lo que viene a corroborar una clara tendencia a la meandrización y una dinámica fluvial especialmente activa en las etapas recientes. El trazado fluvial se muestra más cambiante e inestable en la fase más reciente (fase I), anotando un mayor número de estrangulamientos, cuyo inicio muy probablemente estaría relacionado con un aumento en la magnitud y frecuencia de inundaciones. A este período debió pertenecer la gran riada de Santa Teresa (octubre de 1879), cuyos efectos morfológicos han sido descritos por Calvo et al. (2001). Sin embargo, antes o después de un periodo de estrangulamiento los eventos de inundación sólo provocan la migración lateral de los meandros. Así se explica que las fases inmediatamente anteriores (fases II y III) se caracterizaran por el desarrollo de

meandros más estables, dotados de mayor radio de curvatura y longitud de onda, y, por tanto, por un trazado algo menos sinuoso. Durante dicho período, el dinamismo morfológico de los meandros debió estar dominado por mecanismos de migración de las ondas asociados a procesos de erosión y sedimentación laterales desencadenados en épocas de crecidas (Pinilla et al., 1995).

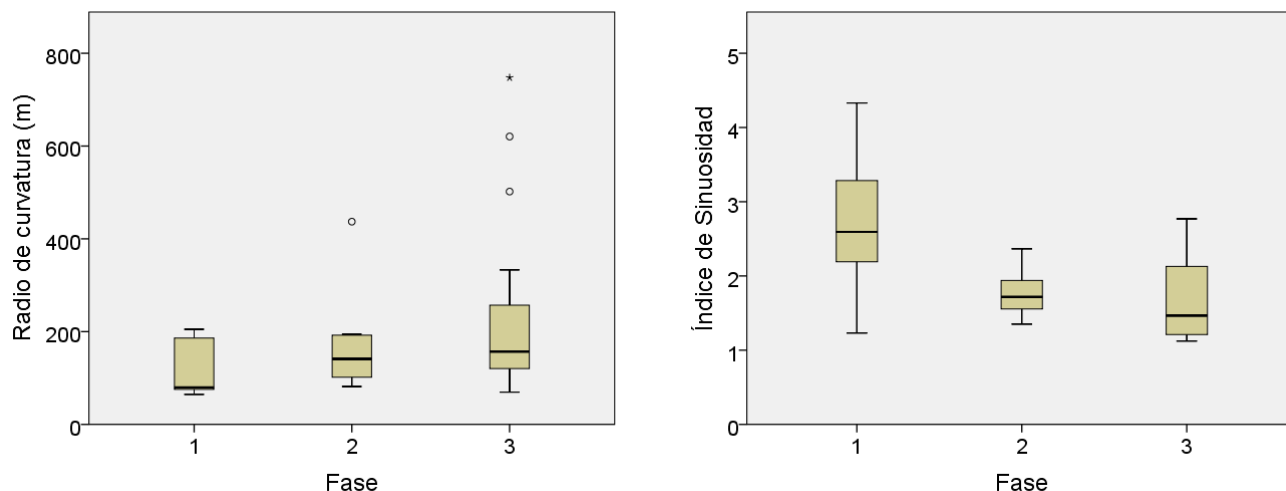


Figura 5. Estadísticos básicos del radio de curvatura y del índice de sinuosidad de los meandros abandonados representados en gráficas de cajas.

5. CONCLUSIONES

En las etapas recientes, anteriores al siglo XX, el trazado del Bajo Río Segura, a su paso por la Vega Media, parece responder a un modelo clásico de meandrización, asociado a crecidas con alta concentración de sedimentos finos en suspensión y cargas de fondo arenosas con intercalaciones de grava. Acorde con esta dinámica morfosedimentaria, la caracterización geométrica de diferentes grupos de meandros abandonados próximos al trazado fluvial activo a principios de dicho siglo ha permitido establecer el patrón general de comportamiento geomorfológico previo. A la espera de los resultados del análisis de muestras de C_{14} , que ayuden a datar las formaciones y rellenos sedimentarios de tales grupos de meandros, los resultados del presente estudio constituyen una primera aproximación para definir la tendencia general en los ciclos más recientes de la evolución de meandros del área de estudio. De hecho, se ha podido constatar que en las fases recientes más antiguas (fases II y III) la longitud media de los meandros activos es menor que en la inmediatamente previa al trazado actual (fase I), y que tanto la amplitud de onda como el radio de curvatura son significativamente mayores. En consecuencia, un periodo de migración o estabilidad representado por las fases II y III dejó paso a una etapa con predominio de los procesos de estrangulamiento asociados a inundaciones de mayor magnitud.

AGRADECIMIENTOS

El presente artículo ha sido realizado en el marco del proyecto DYCAM-SEG, “Dinámica y cambios morfológicos recientes del Bajo Segura (Vega Media)”, financiado por la Fundación Séneca, Agencia de Ciencia y Tecnología de la Región de Murcia, Referencia 15224/PI/10.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, P. (1995): Neotectónica en la Cuenca del bajo Segura (Sector Oriental de la Cordillera Bética). Tesis doctoral. Universidad de Alicante, Alicante.
- Bridge, J.S., Smith, N.D., Trent, F., Gabel, S.L. y Bernstein, P. (1986): “Sedimentology and morphology of a low-sinuosity river: Calamus River, Nebraska Sand Hills”. *Sedimentology*, 33: 851-870.
- Bridge, J.S. y Dominic, D.F. (1984): “Bed load grain velocities and sediment transport rates”. *Water Resources Reserch*, 20: 476-490.
- Brierley, J.G. y Fryirs, K.A. (2006): “Geomorphology and River Management. Applications of the River Styles Framework”. Blackwell Science. Oxford, Reino Unido.

- Calvo García-Tornel, F., Conesa García, C. y Álvarez Rogel, Y. (2001): “La inundación de octubre de 1879 en el Bajo Segura. Magnitud y efectos inducidos”, *Estudios Geográficos*, CSIC., Madrid, pp. 7-28.
- Camporeale, C., Perona, P., Porporato, A. y Ridolfi, L. (2005): On the long-term behavior of meandering rivers. *Water Resources. Research* 41, W12403, doi:10.1029/2005WR004109.
- Canales Martínez, G. y Vera Rebollo, F. (1985): “Colonización del Cardenal Belluga en las tierras donadas por Guardamar del Segura: creación de un paisaje agrario y situación actual”. *Investigaciones Geográficas*, 6, p. 143-160.
- Clevis, Q., Tucker, G.E., Lock, G., Lancaster, S.T., Gasparini, N., Desitter, A. y Bras, R.L. (2006): “Geoarchaeological Simulation of Meandering River Deposits and Settlement Distributions: A Three-Dimensional Approach”. *Geoarchaeology: An International Journal*, 21(8): 843–874.
- Conesa García, C. (1992): “Trazados de baja y alta sinuosidad en ríos españoles”. *Papeles de Geografía n° 18*, 9-29. Departamento de Geografía. Universidad de Murcia.
- Conesa García, C., Pérez Cutillas, P., García Lorenzo, R. y Martínez Salvador, A. (2012): “Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre”. *Nimbus n° 29-30*, pp 159-176.
- Conesa García, C., Rodríguez Estrella, T., Herrera García, G., López Bermúdez, F., Cano González, M., Navarro Hervás, F., y Pérez Cutillas, P. (2015): “Deformational behaviours of alluvial units detected by Advanced Radar Interferometry in the Vega Media of the Segura River, southeast Spain”. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*. Nueva York. En revisión.
- Conesa García, C., Álvarez Rogel, Y. (1996): “El método de geometría de cauces aplicado a la estimación de caudales máximos de crecida en la vega alta del Segura”. En Grandal d' Anglade, A. y Pagés Valcarlos, J. (Eds.), 469-481. IV Reunión de geomorfología. La Coruña.
- Erskine, W., McFadden, C., Bishop, P. (1992): “Alluvial cut-offs as indicators of former channel conditions”. *Earth Surface Processes and Landforms* 17: 23-37.
- Gagliano, S.M. y Howard, P.C. (1984): “The neck cutoff oxbow lake cycle along the Lower Mississippi River”. En: Elliott, C. M. (Ed.), *River Meandering. Proceedings of the Conference Rivers '83*, American Society of Civil Engineers, Nueva York: 147–158.
- Gay, G.R., Gay, H.H., Gay, W.H., Martinson, H.A., Meade, R.H. y Moody, J.A. (1998): “Evolution of cutoffs across meander necks in Powder River, Montana, USA”. *Earth Surface Processes Landforms* 23, 651–662.
- Goy, J.L., Zazo, C., Somoza, L. y Dabrio, C.J. (1989): The neotectonic behaviour of the Lower Segura River Basin during the Quaternary Palaeogeographical meaning of the “Conglomerates of the Segura”. *Bulletin of the INQUA Neotectonics Commission* 12, 14-17.
- Hooke, J.M. (1991): “Non-linearity in river meander development: ‘chaos’ theory and its implications”. *Working Paper, 19*, Portsmouth Polytechnic Department of Geography.
- Hooke, J.M. (1995a): “River channel adjustment to meander cut-offs on the River Bollin and River Dane, N W England”. *Geomorphology*, 14: 235–253.
- Hooke, J.M. (1995b): “Processes of channel planform change on meandering channels in the UK”. En: Gurnell, A., Petts, G.E. (Eds.). *Changing river channels*. Wiley, Chichester: 87–116.
- Hooke, J.M. (2007): “Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river”. *Geomorphology*, 84: 277–296.
- Hooke, J.M. y Redmond, C.E., (1989): “Use of cartographic sources for analysis of river channel change in Britain”. En: Petts, G.E. (Ed.), *Historical Changes on Large Alluvial European Rivers*. Wiley, Chichester: 79–93.
- Kulemina, N.M. (1973): “Some characteristics of the process of incomplete meandering of the channel of the Upper Ob’ river”, *Soviet Hydrology Selected Papers* 12: 518–534.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. (1957): “River channel patterns braided, meandering and straight”. *US Geological Survey Professional Paper* 282 B, 39-85.

- Leopold, L.B., Wolman, M.G. (1960): "River meanders". *Bulletin of the Geological Society of America* 71, 769-794.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. y Miller, J.P. (1964): "Fluvial Processes in Geomorphology". Freeman and Co. San Francisco. 522 pp.
- Lewis, G.W. y Lewin, J. (1983): "Alluvial cutoffs in Wales and the Borderlands". En: Collinson, J. D., Lewin, J. (Eds.), *International Association of Sedimentologists. Spec. Publ.*, 6: 145-154.
- Martínez Ferreros, Y. (1992): "La meandrización en el llano de inundación del Júcar". *Cuadernos de Geografía* n° 51, 23-41. Valencia.
- Montenat, C. (1977): "Les bassins néogènes et quaternaires du Levant d' Alicante a Murcie (Cordilleres bétiques orientales, Espagne). Stratigraphie, paléontologie et évolution dynamique". *Docum. Lab. Géol. Univ. Lyon*, 63: 1-345.
- Mosley, M.P. (1975): "Meandering cutoffs on the River Bollin, Cheshire in July 1973". *Revue de Géomorphologie Dynamique*, 24: 21-32.
- Pinilla, L., Pérez González, A. y Benito, G. (1995): "Cambios históricos de los cauces de los ríos Tajo y Jarama en Aranjuez". *Geogaceta* N° 18: 101-104. Madrid.
- Reinfelds, I. y Bishop, P. (1998): "Palaeohydrology, palaeodischarges and palaeochannel dimensions: Research strategies for meandering alluvial rivers". En Benito, G., Baker, V. R. y Gregory, K. J. (eds.), *Palaeohydrology and Environmental Change*. John Wiley, Chichester: 27-42.
- Rodríguez-Estrella, T., Hernández-Henrile, J.L. e Ibarguén, J. (1999): Neotectónica y tectónica activa en la depresión plio-cuaternaria del Segura (Murcia-Orihuela). 1^{er}. Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica: Murcia; vol. I, pp 53-63.
- Schumm, S.A., (1969): "River metamorphosis". *Proc. American Society of Civil Engineers. Journal Hydraulics Division*, HYI 6352: 255-273.
- Shields, F.D. y Abt, S. (1989): "Sediment deposition in cutoff meander bends and implications for effective management". *Regulated Rivers: Research & Management*, 4: 381-396.
- Tooth, S, Rodnight, H., Duller, G.A.T., McCarthy, T. S., (2006): "Chronology and controls of avulsion along a mixed bedrock-alluvial river", *Geological Society of America Bulletin* 119 (3) pp. 452-461 RAE2008.
- Uribelarrea, D. (2008): "Dinámica y evolución de las llanuras aluviales de los ríos Manzanares, Jarama y Tajo, entre las ciudades de Madrid y Toledo". Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, pp. 127-134.
- Uribelarrea, D., Pérez González, A. y Benito, G. (2003): "Channel changes in the Jarama and Tagus rivers (central Spain) over the past 500 years". *Quaternary Science Reviews*, 22: 2209-2221.
- Zinger, J.A., Rhoads, B.L. y Best, J.L. (2011): "Extreme sediment pulses generated by bend cutoffs along a large meandering river". *Nature Geoscience*, 4: 675-678, doi:10.1038/ngeo1260.