

## Cañones fluvicársticos meandrantes: procesos y formas

F. Segura<sup>1</sup>, J. Fornós<sup>2</sup>, V. M. Rosselló<sup>1</sup>, J.E. Pardo<sup>3</sup>, C. Sanchis<sup>4</sup>

(1) Departament de Geografia, Universitat de València, Avda. Blasco Ibáñez, 28, 46010, València, [Francisca.Segura@uv.es](mailto:Francisca.Segura@uv.es)

(2) Departament de Ciències de la Terra, Universitat de les Illes Balears, Crta. Valldemossa, km 7'5, 07122, Palma (Mallorca), [joan.fornos@uib.es](mailto:joan.fornos@uib.es)

(3) Departament de Ingenieria Cartogràfica, Geodesia i Fotogrametria, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n 46022, València, [jepardo@cgf.upv.es](mailto:jepardo@cgf.upv.es)

(4) Centro Valenciano de Estudios del Riego, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera, s/n 46022, València, [csanchis@hma.upv.es](mailto:csanchis@hma.upv.es)

### RESUMEN

Las plataformas calcáreas son espacios modelados conjuntamente por la acción de procesos fluviales y cársticos, al favorecer su hidrología tanto el desarrollo de formas de disolución cárstica como fluviales. Una expresión de la combinación de ambos procesos son los cañones fluvicársticos, observándose una diferente influencia del carst en su génesis.

En esta comunicación se discute el papel de la litología, de la pendiente, de la permeabilidad y del tipo de sedimentos transportados en la formación de dichos cañones. Para ello se muestran dos ejemplos bien diferenciados: el Migjorn de Menorca, una plataforma de calcarenitas miocenas de grano grueso, y el Massís del Caroig, plataforma de calizas y dolomías cretácicas de grano fino que alternan con margas. En ambos casos, se desarrollan potentes cañones meandrantes con morfologías bien marcadas. Al mismo tiempo, se caracterizan diferentes tipos de meandros propios de ambos modelos: meandros encajados, meandros asimétricos, meandros-colapso y meandros cortados. La combinación de todos estos factores permite caracterizar dos modelos de cañones bien definidos.

**Palabras clave:** cañones, fluvicarst, calizas, incisión vertical, erosión lateral, meandros.

### INTRODUCCIÓN

La formación de cañones fluviales meandrantes se ha discutido ampliamente en la bibliografía desde antiguo. Dichas formas se encuentran en plataformas sobreelevadas y se han labrado sobre litologías muy diversas. En el caso de las plataformas calcáreas, su génesis es compleja, dado que son espacios modelados fundamentalmente por procesos fluviales y cársticos. La formación de cañones fluvicársticos combina ambos procesos, aunque existen modelos de formación diferenciados en función de diversas variables (Hancock *et al.*, 1998): 1) Propiedades del flujo: caudal, anchura, profundidad, pendiente, velocidad, etc.; 2) Propiedades de la roca: permeabilidad, orientación y separación de las fracturas, resistencia, tipo de grano, meteorización, etc.; 3) Propiedades de los sedimentos: tamaño, relación carga de fondo/carga en suspensión, velocidad, etc.; 4) Procesos de erosión: abrasión, remoción de bloques (*quarrying*), disolución, cavitación.

En los casos del Massís del Caroig y del Migjorn de Menorca, dos plataformas calcáreas con redes encajadas meandrantes, se ha realizado un estudio geomorfológico con el fin de caracterizar los procesos de incisión de la red fluvial y la morfología de los meandros. A partir de la cartografía digital (mapas a diferentes escalas, MDTs, fotografías y ortoimágenes) se han representado las formas más importantes, que se han contrastado en el campo y se ha elaborado un SIG (Arc Map 9.1) que incluye toda la información.

### **EL MODELO FLUVIAL DEL MIGJORN DE MENORCA**

El sur de Menorca es una plataforma miocena arrecifal, formada por calcarenitas de grano relativamente grueso, poco resistentes y con una elevada permeabilidad por porosidad, tanto primaria como secundaria. En los extremos oriental y occidental, con pendientes inferiores a 5° y una elevada permeabilidad, se ha desarrollado un exocarst formado por dolinas y poljes poco definidos y captados por una incipiente red fluvial. En el sector central, en cambio, con pendientes más elevadas y menor permeabilidad, se ha generado una red meandrante profundamente encajada, dirigida por una fracturación NNE-SSW, cuya máxima incisión se atribuye al último máximo glacial, cuando el nivel del mar estaba 140 m por debajo del actual (Fornós y Segura, 2004; Segura *et al.* 2007).

El proceso más característico de erosión de los cañones del Migjorn de Menorca es la disolución. Los condicionantes que se han comentado anteriormente hacen que los fenómenos cársticos predominen claramente sobre los fluviales. Como procesos más significativos, podemos señalar tres: el hundimiento de galerías subterráneas, el colapso cárstico y la captura de dolinas. Los cañones se forman aprovechando parte de los conductos freáticos, que se desarrollan siguiendo la pendiente de la laminación sedimentaria por disolución preferente (debido a la variación textural y a la diferente permeabilidad, calcarenitas vs. calcilutitas) y son favorecidos por las discontinuidades estructurales (fracturación y/o diaclasamiento vertical). La superposición de diversos conductos, correspondientes a diferentes periodos de estabilización, favorece la formación de cañones cársticos, con meandros que en ocasiones se corresponden con colapsos de dolinas (paredes verticales) o con capturas de dolinas o poljes (paredes en rampa). El mecanismo básico de funcionamiento estaría provocado por el eustatismo cuaternario, que controló por una parte, la disolución relacionada con el nivel freático en momentos de estabilidad y por otra, favoreció el colapso por pérdida de carga hidrostática en momentos regresivos.

Además, la extensa red de conductos cársticos propicia la circulación subterránea de agua y sedimentos, que revierten a los cauces en los puntos donde son cortados por la superficie. La disolución de las calcarenitas genera una gran abundancia de arenas y de arcillas de descalcificación, que tapizan los lechos fluviales, impidiendo el afloramiento de la roca madre. Los fondos de barrancos han sido aprovechados para la agricultura desde antiguo y la continua roturación destruye cualquier estructura fluvial. La ausencia de carga de fondo implica el predominio de la incisión vertical (Schumm *et al.*, 1987; Harvey, 2007). El resultado es la formación de una red meandrante, donde domina la incisión vertical y los meandros-colapso.

### **EL MODELO FLUVIAL DEL CAROIG**

El macizo del Caroig (provincia de Valencia) es un relieve montañoso subtabular, que marca la transición entre el Sistema Ibérico y el Bético. Las calizas cretácicas del Caroig se depositaron fundamentalmente durante el Cenomaniense en un medio costero, aunque con cierta influencia continental que se constata con la alternancia de calizas y dolomías con margas arcillosas. Las facies del Santoniense son de tipo

nerítico, con predominio de calizas micríticas blancas (García *et al.*, 1981). Las calizas del Caroig son de grano fino, con una permeabilidad media-alta provocada por fracturación y fisuración. Ambos factores facilitan la meteorización en bloques, cantos y gravas, aunque de forma local, las facies margo-arenosas del Albiense proporcionan una fracción arenosa abundante. Es por ello que los barrancos del Caroig transportan fundamentalmente carga de fondo: bloques, cantos, gravas y arenas. La abundancia de esta fracción se asocia al predominio de la erosión lateral y a la formación de meandros asimétricos (*ingrow meanders*) (Schumm *et al.*, 1987; Harvey, 2007). La menor permeabilidad de las facies facilita también una mayor circulación superficial y la generación de avenidas con caudales importantes. La pendiente, superior a 5°, facilita la escorrentía superficial en detrimento de los procesos exocársticos, que apenas están representados.

En la génesis de la red fluvial meandrizante de esta plataforma se combina tanto la incisión vertical como la erosión lateral, provocadas fundamentalmente por los siguientes procesos: abrasión, remoción de bloques (*quarrying*), disolución y cavitación. La meteorización de las calizas se produce a favor de las numerosas fracturas y aprovechando las discontinuidades sedimentarias (calizas-margas) de estratos casi horizontales. La disolución a favor de estas discontinuidades y el efecto de cuña de los cantos incrustados y de las raíces de la vegetación, dan como resultado la formación de bloques cúbicos bien individualizados. La remoción y el deslizamiento de estos bloques son los procesos de incisión más efectivos a gran escala. No obstante, la abrasión mecánica, puede tener gran importancia a escala local. Se manifiesta por la formación de estrías (*flutes*) y marmitas de gigante que marcan claramente la línea de máxima velocidad del flujo y que evolucionan por erosión remontante. En algunos sectores se detecta la presencia de meandros abandonados, lo que puede estar ligado a una cierta actividad neotectónica (Harvey, 2007). La combinación de todos estos procesos da lugar a la formación de una red meandrizante encajada, que combina tanto la incisión vertical como la lateral (predominio de meandros asimétricos) así como el desplazamiento aguas abajo (meandros abandonados).

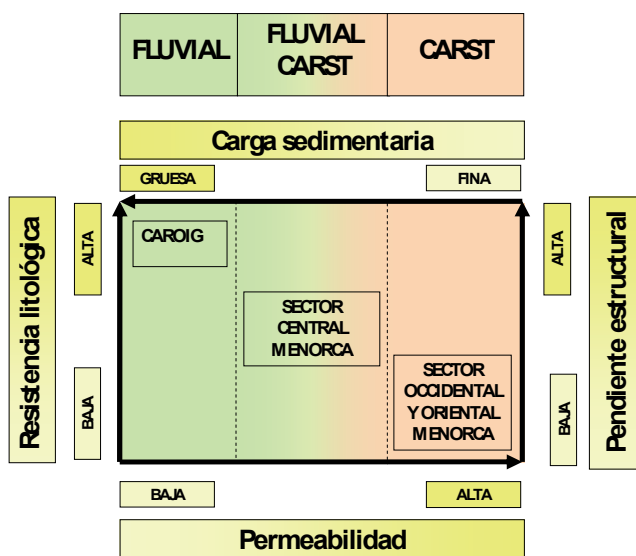


Figura 1. Procesos cársticos y fluviales en la formación de redes encajadas meandrizantes

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las plataformas calcáreas estudiadas, las redes fluviales se inician con pendientes superiores a 5° (figura 1). Con valores inferiores, domina el carst (modelo de los sectores oriental y occidental de Menorca). La formación de los cañones depende de la influencia relativa de los procesos de incisión vertical, erosión lateral y divagación (*sweep*) o desplazamiento aguas abajo. El predominio de cada uno de los procesos depende de la resistencia de la roca (Harvey, 2007), la pendiente y el tipo de sedimento transportado (Schumm *et al.*, 1987). Con rocas resistentes, pendiente elevada y una importante carga de sedimento grueso dominarán la erosión lateral (modelo del Caroig); con rocas menos resistentes, menor pendiente y abundante carga fina, dominará la incisión vertical (modelo del sector central de Menorca) (Schumm *et al.*, 1987); con rocas blandas y escasa pendiente dominará la migración aguas abajo (Harvey, 2007). La carga sedimentaria por lo tanto es un factor importante en los procesos de abrasión, que condicionará la ratio de incisión (Hancock *et al.*, 1998). La mayor o menor presencia de determinados procesos cársticos favorecerá un mayor o menor desarrollo de determinadas morfologías cársticas. Si la permeabilidad y las pendientes favorecen la formación de dolinas y conductos subsuperficiales, los descensos del nivel de base facilitarán los procesos de colapso y, en consecuencia, ayudarán a la incisión y a la formación de meandros colapso (modelo general de Menorca). Por contra, cuando el exocarst no es dominante, los procesos fluviales tendrán un mayor peso en la formación de los cañones (modelo del Caroig) (figura 1).

## AGRADECIMIENTOS

El presente artículo ha sido financiado por el proyecto de investigación CGL2006-11242-C03-02 del Ministerio de Ciencia e Innovación. Así mismo cuenta con la financiación de Fondos FEDER

## REFERENCIAS

- ❖ Fornós J. J. & Segura F. S. 2004. El reblliment holocènic dels barrancs del Migjorn. In Obrador, A., Rosselló, V. M. & Fornós, J. J. (Eds.) *Història natural del Migjorn de Menorca: el medi físic i l'influx humà*. Societat d'Història Natural de les Balears, Palma de Mallorca, 121-128
- ❖ Hancock, G. S; Anderson, R & Whipple, K. X. 1998. Beyond power: bedrock river incision process and form. In K. J. Tinkler & E. Wohl (eds.): *River over rock: fluvial processes in bedrock channels*. American Geophysical Union, Washington, 35-60.
- ❖ Harvey, A. 2007. High sinuosity bedrock channels: response to rapid incision - examples in SE Spain. *Rev. C. & G.*, 21 (3-4), 21-47.
- ❖ García Vélez, A. & García Ruiz, L. (1981): Hoja de Llombay. Mapa Geológico de España, hoja 746. IGME, Madrid. Mapa y memoria.
- ❖ Schumm, S. A.; Mosley, M. P. & Weaver, W. E. 1987. *Experimental fluvial Geomorphology*. Wiley and Sons, New York, 413 pp.
- ❖ Segura, F. S.; Pardo-Pascual, J. E.; Rosselló, V. M; Fornós, J. J. & Gelabert, B. 2007. Morphometric indices as indicators of tectonic, fluvial and karst processes in calcareous drainage basins, South Menorca Island, Spain. *Earth Surf. Process. Landforms*, 32, 1928–1946 (2007) DOI: 10.1002/esp.
- ❖ Segura F.S., Pardo Pascual & J.E., Palomar J. 2004. Els barrancs del Migjorn de Menorca. In Fornós JJ, Obrador A & Rosselló VM (Eds): *Història Natural del Migjorn de Menorca: el Medi Físic i l'Influx Humà*,. Societat d'Història Natural de les Balears, Palma de Mallorca; 129–156.