

Relleno sedimentario y destrucción de una pequeña cuenca fluvio-lacustre en la Sierra Sur de Jaén (Cordilleras Béticas)

Sedimentary filling and destruction of a small fluvio-lacustrine basin in the Sierra Sur of Jaén (Betic Cordilleras)

F. García-García y M. Sánchez-Gómez

Dpto. de Geología, Campus Las Lagunillas, Universidad de Jaén, 23071 Jaén

ABSTRACT

The sedimentary infill of a small continental basin and the processes involved in its transformation into an erosional basin have been studied. The Otíñar basin is a fluvio-lacustrine basin developed during the Quaternary (?) on the Subbetic rocks at the south of Jaén city. Its sedimentary infill is made up of three stratigraphic units representing different stages as exorheic and endorheic basin. The destruction of the basin took place when the axial fluvial system base level occupied a relatively lower position and the fluvial system entrenched in the sedimentary infill leaving at least three terraces levels. Climatic and tectonic factors are discussed as controls of the sedimentary and erosional evolution of the Otíñar basin.

Key words: Continental basin, fluvio-lacustrine sedimentation, Betic Cordilleras

Geogaceta, 33 (2003), 63-66
ISSN:0213683X

Introducción

Las cuencas continentales desarrolladas en pequeñas áreas deprimidas de zonas montañosas representan cuencas especialmente sensibles a los cambios climáticos y tectónicos que van a controlar su relleno y destrucción. Algunas de estas cuencas han tenido a lo largo de su historia sedimentaria un comportamiento endorreico con desarrollo de lagos cuya sedimentación representa un registro bastante continuo. En el caso de cuencas desarrolladas durante el Cuaternario, tienen el interés añadido de registrar la actividad tectónica reciente (Wallace, 1980; Gardosh *et al.*, 1990) y los cambios climáticos bruscos acaecidos durante este intervalo de tiempo (Smith, 1994; Bartov *et al.*, 2002).

El estudio de estas cuencas presenta dos problemas principales: si son activas no es posible la observación directa de su registro sedimentario, y si se encuentran en la etapa de cuenca erosiva, existe un periodo de observación hasta que se desmantela completamente. Este periodo en el caso de las cuencas pequeñas suele ser muy corto. En este trabajo se va a estudiar una pequeña cuenca enclavada en un tramo fluvial de montaña que tiene la par-

ticuliaridad de preservar la mayor parte de su relleno lacustre expuesto por el encajamiento de la red fluvial. Este hecho la convierte en un excepcional laboratorio natural que constituye un modelo a escala pequeña de los procesos que actúan en cuencas de mayores dimensiones y complejidad.

Encuadre geográfico y geológico

La cuenca estudiada se encuentra al pie del castillo de Otíñar situado a 9 km al sur de la ciudad de Jaén (Fig. 1). Se trata de una cuenca intramontañosa pequeña y elongada de poco más de 1 km² que ha quedado colgada en un valle fluvial a la entrada de un espectacular cañón con paredes de unos doscientos metros de altura. Está orientada a lo largo de la dirección NNO-SSE y actualmente se encuentra atravesada longitudinalmente por el río Quebrajano, cuyo fuerte encajamiento sobre los sedimentos que la rellenan revela un espesor máximo de 30 m. La edad de los sedimentos que rellenan la cuenca no ha podido ser precisada pues las muestras analizadas no han aportado dientes de microvertebrados para datarlas. Roldán *et al.* (1987) asignan estos sedimentos al Cuaternario, edad relativa que a falta de

nuevos resultados en los muestreos, adoptaremos con reservas.

La cuenca de Otíñar se desarrolla sobre formaciones de calizas y margocalizas jurásicas pertenecientes al Subbético Externo de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas (Molina, 1987). Estos materiales se encuentran plegados, y en el sector donde se localiza la cuenca, su estructura es de un sinforme cerrado asimétrico vergente hacia el oeste. El eje longitudinal de la cuenca es subparalelo al eje del pliegue aunque algo desplazado hacia el oeste respecto a la charnela. De tal forma que el borde oeste de la cuenca está instalado en el flanco normal y el borde este está limitado por el flanco inverso (Fig. 1). En trabajos regionales previos (Sanz de Galdeano, 1973; Roldán *et al.*, 1987) no se determina ninguna falla en la cuenca ni en su perímetro, quedando el área cubierta en su mayor parte por derrubios y pies de ladera que enmascararían el trazado de las mismas. No obstante, en afloramientos aislados del basamento bajo los sedimentos de la cuenca se han podido observar planos de fallas con varios sistemas de estrías y amplias zonas de cataclitas que sugieren un control tectónico de la morfología de la cuenca, ya sea directamente, ya sea

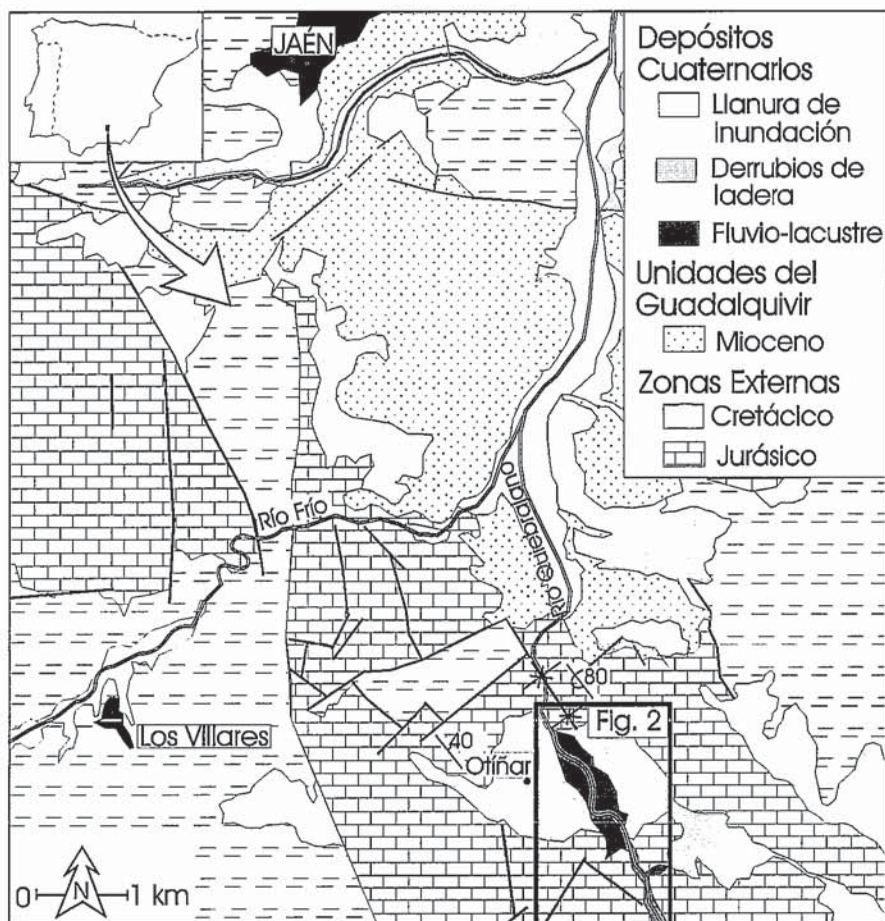


Fig. 1.- Encuadre geológico de la cuenca estudiada (modificado de Roldán *et al.*, 1987)

Fig. 1.- Geological setting of the study basin (modified from Roldán *et al.*, 1987)

creando una zona de debilidad frente a la erosión inicial que formara el "vaso" primitivo de la cuenca, o bien una combinación de ambas circunstancias.

Una depresión tectónica, posiblemente análoga a la estudiada, se encuentra a un kilómetro al noroeste, en donde materiales cretácicos afloran limitados por fallas normales dentro de una fosa tectónica rectangular de unos 1,5 km². Estas fallas están asociadas a fuertes escarpes en el relieve, probablemente resaltados por una erosión diferencial entre las calizas jurásicas y las margas cretácicas. La edad de formación de estas fallas no ha sido establecida con exactitud, pero pueden suponerse posteriores a la estructuración final en mantos de la zona (Mioceno superior; Sanz de Galdeano, 1973; Galindo-Zaldívar *et al.*, 2000).

Estratigrafía y sedimentología

En la estratigrafía del relleno sedimentario de la cuenca de Otiñar se han diferenciado tres unidades separadas por discontinuidades (Fig. 2). Estas unidades representan tres etapas bien dife-

renciadas en la cuenca, separadas por bruscos cambios en el estilo de sedimentación.

I) *Primera etapa: Sedimentación fluvial* (Unidad estratigráfica I en la Fig. 2). Los primeros sedimentos de la cuenca afloran de forma dispersa y se disponen sobre los materiales del Subbético Externo a lo largo de una discordancia erosiva. La base está representada por una brecha en forma de *lag* erosivo con grandes clastos de caliza cuyo tamaño varía entre 50 y 80 cm. En sectores más centrales de la cuenca aparecen conglomerados con geometrías canalizadas y gradaciones positivas que a veces evolucionan en la vertical a arenas con *ripples* de corriente. Las paleocorrientes medidas en los cantos imbricados y en los *ripples* señalan sentidos de flujo hacia el noroeste. Esta primera etapa representa un episodio importante de erosión de los materiales subbéticos y el desarrollo de pequeños sistemas fluviales poco evolucionados, probablemente de alto gradiente.

II) *Segunda etapa: Sedimentación lacustre* (Unidad estratigráfica II en la Fig. 2). En el sector norte de la cuenca, al pie

de escarpes de más de 200 m de altura, aparecen grandes espesores de entre 20 y 25 m de brechas calizas muy desorganizadas, con trama abierta y tamaños que varían entre 5 y 15 cm. Son cuerpos de techo ondulado y extensión lateral de varias decenas de metros que se disponen directamente sobre el basamento a lo largo de una superficie irregular. Estos cuerpos se interpretan como lóbulos coalescentes de depósitos de derrubios transversales al eje longitudinal de la cuenca.

En el centro de la cuenca, la sedimentación está caracterizada por una sucesión que llega a alcanzar los 20 m de potencia formada esencialmente por arcillas pardas con laminación horizontal y algunas capas de limos grisáceos. Estos sedimentos se disponen en solapamiento expansivo sobre los depósitos de derrubios arriba descritos sin llegar a superarlos por encima. En estas arcillas se han encontrado niveles discretos ricos en restos de hojas muy bien conservadas, entre las que se han podido identificar de forma preliminar hojas de algún tipo de sauce (*Salix sp.*), típicos de ambientes de ribera. Intercalados en la sucesión aparece algún nivel de espesor entre 10 y 15 cm de arenas. Estos niveles muestran gradación positiva y estructura interna caracterizada por *climbing ripples* que indican paleocorrientes hacia el noreste. Los sedimentos arcillosos cambian gradualmente hacia los sectores marginales de la cuenca en un cambio lateral y vertical de facies a arenas y limos con gasterópodos lacustres y abundantes rizocreciones. Entre las estructuras de ordenamiento interno reconocidas en los sectores marginales hay *ripples* de oscilación y corrientes. Los depósitos descritos los interpretamos como sedimentos desarrollados en un contexto lacustre con zonas internas relativamente profundas, y externas de escasa profundidad bien diferenciadas. En las zonas externas o marginales del lago se dio un gran desarrollo de vegetación. La reducida lámina de agua en estas zonas favoreció la removilización del fondo por el pequeño oleaje que pudo generarse en un lago de montaña protegido de fuertes vientos. El difuso desarrollo de las varvas en el fondo del lago pone de evidencia una batimetría alrededor de los 6 m, profundidad a partir de la cual se produce la estratificación de la lámina de agua que permite el desarrollo de las varvas y su conservación. A la sedimentación por decantación de la fracción fina que hay en suspensión se le unen esporádicas corrientes de turbidez que llegan al lago desde el borde oeste y sur de la cuenca. El

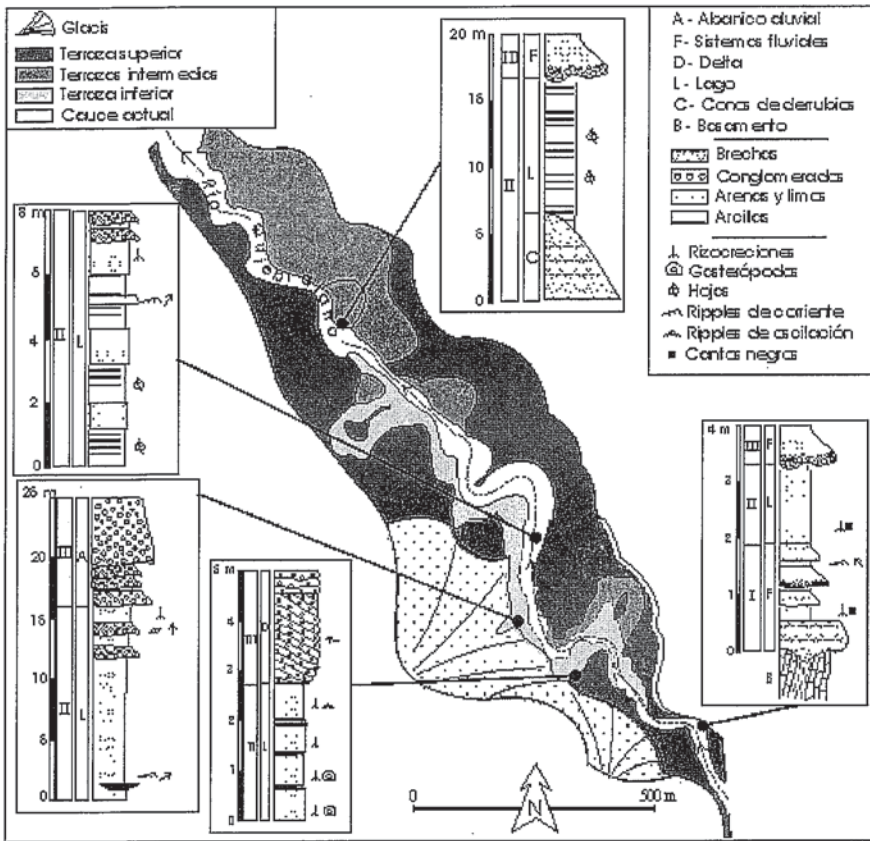


Fig. 2.- Columnas estratigráficas y niveles de terrazas fluviales de la cuenca de Otiñar (I-III: Unidades estratigráficas)

imbricados señalan sentidos de flujo hacia el este. Las características de estos sedimentos nos hacen interpretar estos cuerpos como abanicos aluviales que constituyen el sistema transversal de la cuenca.

Destrucción de la cuenca

Tras la colmatación de la cuenca se produjo el encajamiento del río sobre los sedimentos de la misma. El encajamiento afectó tanto a los sedimentos finos lacustres, que presentan poca resistencia contra la erosión, como a los sedimentos de grano grueso. La intensa erosión junto a las características sedimentarias de las terrazas deposicionales que el encajamiento deja a su paso son propias del estilo de sedimentación de ríos de alta energía, aunque paradójicamente su trazado es de alta sinuosidad. Esto es debido a que el río al inicio de su etapa erosiva adoptó el trazado del río meandriforme con el que se colmata la cuenca, por lo que se trata de un rasgo sobreimpuesto. En su encajamiento, el río ha ido poco a poco abandonando los meandros para seguir un trazado rectilíneo más acorde con su dinámica. En su etapa erosiva, el río ha dejado al menos tres niveles de terrazas cuyas superficies más altas, de más antigua a más moderna, se sitúan a una altura sobre el cauce actual de 18, 9 y 5 m, respectivamente (Fig. 2). El desarrollo de distintos niveles de terrazas, algunas con hasta 4 m de espesor de sedimento, es una evidencia de que la cuenca, desde el comienzo del encajamiento del río, ha pasado por momentos en que ha vuelto a ser deposicional o cuando menos ha visto ralentizada su tasa de erosión. Actualmente, la cuenca sigue sometida a fuerte erosión, especialmente concentrada en la zona externa de los meandros donde se producen procesos de *piping* y deslizamientos. La heterogeneidad del sedimento y su poca litificación son factores que favorecen la acción erosiva.

Discusión y conclusiones

El relleno sedimentario de la cuenca de Otiñar tuvo lugar en tres etapas. Durante la primera de ellas se comportó como una cuenca exorreica con desarrollo de sistemas fluviales de alto gradiente. El desarrollo de los depósitos de ladera transversales a la cuenca pudo causar la obstrucción, a modo de presa natural, del drenaje del sistema longitudinal de la cuenca convirtiendo el valle fluvial en un lago de sedimentación detrítica. Durante la segunda etapa, el comportamiento de

desarrollo de las facies descritas como de margen de lago sobre las facies profundas evidencia una tendencia del lago a la somerización.

III) Tercera etapa: Sedimentación fluvial y colmatación (Unidad estratigráfica III en la Fig. 2). El final de la sedimentación lacustre está marcada por la entrada del sedimento de grano más grueso a la cuenca. Estos depósitos se disponen directamente sobre el basamento en el sector más proximal, al sur de la cuenca; sobre las arcillas y arenas lacustres a lo largo de una disconformidad y, al norte de la cuenca, sobre los depósitos de derrubios de ladera. En los sedimentos dominan los conglomerados y las arenas, y se han distinguido cuatro tipos de facies características de cuatro ambientes sedimentarios.

a) Pequeños cuerpos conglomeráticos formados por cliniformas con geometrías sigmoidales cuya altura es de 3 m. Estas facies están en asociación con arenas y limos con rizocreciones. Se han interpretado como pequeños sistemas deltaicos de tipo Gilbert (Gilbert, 1885) migrando en ambientes lacustres muy restringidos con lámina de agua no superior a los 3 m.

b) Secuencias granodecrecientes de conglomerados clastosoportados e

imbricados cuya base está formada por un lag de clastos de tamaño entre 20 y 30 cm. La base de estos depósitos es netamente erosiva y canalizada. Las paleocorrientes medidas en los clastos imbricados señalan sentido de flujo hacia el noroeste. Se interpreta como un sistema fluvial de alta energía del tipo de ríos trenzados cuyo recorrido se orienta según el eje longitudinal de la cuenca.

c) Sobre los conglomerados descritos más arriba aparecen unos conglomerados y arenas mejor organizados y de tamaño de grano más pequeño. Estos conglomerados desarrollan estratificaciones cruzadas cuyo buzamiento es transversal al principal sentido del flujo. Se han interpretado como la sustitución de ríos trenzados, anteriormente descritos, por ríos meandriformes.

d) Sobre el borde oeste de la cuenca aparecen instalados grandes cuerpos en forma de abanico que coinciden con la desembocadura de dos valles en la cuenca sedimentaria. Estos cuerpos están formados por conglomerados y arenas con peor organización que la originada por los ríos que conforman el sistema longitudinal de la cuenca. Las paleocorrientes medidas en los clastos

la cuenca fue de tipo endorreico con predominio de la sedimentación lacustre. Esta segunda etapa culminó con la colmatación del lago. El inicio de la tercera etapa de sedimentación se produjo con la instalación nuevamente de un sistema fluvial de alta energía y la consiguiente vuelta a las condiciones exorreicas de la cuenca. Durante esta tercera etapa el relleno de la cuenca fue asimétrico, desarrollándose sobre el borde oeste abanicos aluviales que migran transversales al eje longitudinal de la cuenca. Esto evidencia un mejor desarrollo de la red de drenaje sobre los materiales jurásicos en el flanco normal, menos buzante, que en el flanco inverso del sinforme de escala regional sobre el que se asienta la cuenca. La cuenca sedimentaria culmina con el cambio en el tipo de río que configura el sistema longitudinal, pasando de un río con trazado rectilíneo a un río con patrón de alta sinuosidad. Tras la colmatación de la cuenca, se produce el encajamiento de la red fluvial con periodos recurrentes de agradación.

La pequeña extensión de la cuenca de Otíñar la hace especialmente sensible a los cambios en los factores que controlan su relleno y destrucción, para un intervalo de tiempo presumiblemente corto. Tanto el relleno, como el fuerte encajamiento del río sobre los sedimentos lacustres y fluviales son interpretados como la búsqueda de nuevos perfiles de equilibrio del río de acuerdo con cambios de niveles de base locales o generales. Estos niveles de base podrían estar condicionados por factores intrínsecamente sedimentarios, de

tipo autocíclico. Así la etapa lacustre, parece estar provocada por el represamiento debido a la acumulación anómala de derrubios a la entrada del cañón del río Quiebrajano; y el encajamiento actual por la tendencia a volver al perfil de equilibrio anterior una vez superado el obstáculo que representa la presa natural. Sin embargo esta interpretación simplista no explica algunas situaciones como el paso de un río de alta energía a meandriforme durante la colmatación, o las etapas de acumulación de sedimentos durante el encajamiento y formación de las terrazas. Deben existir además factores alocíclicos, como los climáticos y tectónicos de escala regional, que controlen la granulometría y volumen de aportes, o el gradiente del río.

Respecto a la tectónica, no hay evidencias de que las fallas que actúan en relación con la formación de la cuenca hayan tenido una actividad significativa en el Cuaternario aunque el considerable encajamiento de los ríos Quiebrajano y Frío (Fig. 1) en los sedimentos de la cuenca y sobre todo en las calizas próximas sugiere tasas de elevación tectónica importantes. Cambios regionales del nivel de base, o de la velocidad de elevación, podrían alterar el equilibrio entre la capacidad erosiva del río y los aportes laterales a la entrada del cañón. Por otra parte, cambios climáticos como la instalación de un periodo frío y relativamente seco, producirían un efecto similar al aumentar los derrubios por gelifracción y disminuir el aporte de sedimentos que llegan a la cuenca. En definitiva, la cuenca de Otíñar descrita en este trabajo, constituye un in-

teresante sistema sedimentario en miniatura con diversas etapas de evolución que, una vez conocida su edad precisa, proporcionará datos de paleoclimatología y tectónica recientes de un sector de las Béticas poco estudiado en este sentido.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con la ayuda del proyecto BTE2001-2872 DGI y REN2001-3378. Agradecemos la colaboración de F.J. García Tortosa y A. Ruiz Bustos, y a J.M. Molina por las sugerencias aportadas.

Referencias

- Bartov, Y., Mordechai, S., Enzel, Y., Agnon, A. y Reches, Z. (2002): *Quat. Res.*, 57, 9-21.
- Galindo-Zaldívar, J., Ruano, P., Jabaloy, A. y López-Chicano, M. (2000): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 331, 811-816.
- Gardosh, M., Reches, Z. y Garfunkel, Z. (1990): *Tectonophysics*, 180, 123-137.
- Gilbert, G. K. (1885): *Ann. Rept. U. S. Geol. Surv.*, 5, 69-123
- Molina, J. M. (1987): *Tesis Doctoral*. Univ. Granada, 518 p.
- Roldán, F.J., Lupiani, E. y Jerez, L. (1987): *Mapa y memoria explicativa de la Hoja 947 (Jaén) del Mapa geológico Nacional a escala 1:50.000*, IGME, Madrid
- Sanz de Galdeano, C. (1973): *Tesis Doctoral*. Univ. Granada, 274 p.
- Smith, G. A. (1994): *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 106, 1212-1228
- Wallace, R. E. (1980): *Geology*, 8, 225-229