

Tasas de erosión en la cuenca de Guadix-Baza durante el Pleistoceno superior - Holoceno

Upper Pleistocene - Holocene erosion rates in the Guadix-Baza basin

J.V. Pérez Peña, J.M. Azañón y F. González-Lodeiro

Departamento Geodinámica. Facultad de Ciencias, Fuentenueva s/n. Universidad de Granada. 18071. Granada (España). vperez@ugr.es, jazanon@ugr.es.

ABSTRACT

Erosion rates in the Guadix-Baza basin have been calculated drawing on a volumetric estimation of sediment loss by river erosion since the late Pleistocene. On this purpose we have performed a reconstruction of the geometrical surface dated in 43 Ka and defined by a calcrete layer that capes the basin infilling. By comparing the reconstructed geomorphic surface and the present day topography we have calculated the volume of sediment lost by hydric erosion in the entire basin. The resulting erosion rate is $6.57 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$. Individual erosion rates for Guadix and Baza sub-basins ($11.80 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ and $1.77 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ respectively) suggest different stages of drainage pattern evolution in both sub-basins. We attribute the lower values obtained in the Baza sub-basin as related to the downthrowing of this sub-basin due to very recent activity along the Baza fault.

Key words: Erosion rates, Guadix-Baza basin, Upper Pleistocene-Holocene, Baza fault.

Geogaceta, 40 (2006), 267-270
ISSN: 0213683X

Introducción

La evolución del relieve representa un balance entre factores tectónicos, climáticos, litológicos y topográficos (Burbank y Pinter, 1999; Burbank y Anderson, 2001; Keller y Pinter, 2002). En zonas semiáridas con elevados gradientes topográficos esta evolución está dominada fundamentalmente por procesos erosivos. La cuenca neógeno-cuaternaria de Guadix-Baza, situada en el sureste peninsular, representa un buen ejemplo de cómo los procesos erosivos han modelado el relieve en el Pleistoceno superior - Holoceno. Valores de erosión actual en esta cuenca, calculados por medio de la monitorización del retroceso de cárcavas, están entre 4 y $6 \text{ m}^3\text{año}^{-1}$ (Vandekerckhove *et al.*, 2001a, 2001b). Estos altos valores de erosión están obviamente relacionados con frecuentes eventos de lluvia de alta intensidad, litologías con un factor de erosionabilidad alto y escasa cobertura vegetal. No obstante, a mayor escala espacial y temporal, valores altos de erosión (encajamiento de la red de drenaje) suelen estar controlados por procesos de levantamiento de carácter tectónico.

El objetivo de este trabajo es determinar las tasas de erosión globales en la cuenca de Guadix-Baza, desde que comenzó la jerarquización de la red de drenaje hasta la actualidad. Para ello se ha restaurado la morfología de la cuenca an-

terior al desarrollo de la red de drenaje actual a partir de una superficie de referencia. Dicha superficie está definida por una calcreta laminar que marca el fin de la sedimentación neógeno-cuaternaria en la cuenca y se encuentra disectada posteriormente por la red de drenaje. Se ha calculado la tasa de erosión para la totalidad de la cuenca, así como para las dos subcuencas (Guadix y Baza) que quedan separadas por la Falla de Baza (Alfaro *et al.*, 2006). Las tasas calculadas ponen de manifiesto diferencias notables entre ambas subcuencas, en parte atribuibles a la actividad de la Falla de Baza en el periodo Pleistoceno superior - Holoceno.

Estratigrafía de la cuenca de Guadix-Baza

La cuenca de Guadix-Baza es una de las cuencas intramontañosas neógeno-cuaternarias de la Cordillera Bética. El relleno sedimentario de carácter continental en esta cuenca comienza a finales del Tortonense y se extiende hasta el Pleistoceno (Vera, 1970; Peña, 1979; Viseras, 1991; Fernández *et al.*, 1996). Desde un punto de vista paleogeográfico, esta cuenca, durante su relleno continental, fue una depresión endorreica rodeada de relieves importantes. Su registro sedimentario Plio-Pleistoceno sugiere un modelo de depósito con abanicos aluviales en las partes marginales, que conectaban gradualmente por medio de

un sistema de canales con un lago central (Viseras, 1991; Viseras y Fernández, 1992). En los bordes Sur y Este de la subcuenca de Guadix, el relleno continental está mayoritariamente representado por alternancias de conglomerados y arenas pobremente cementados; hacia la parte central de la subcuenca, estos depósitos detríticos gruesos dan paso gradualmente a arcillas y margas (Viseras, 1991; Fernández *et al.*, 1996). El relleno Neógeno de la subcuenca de Baza en el NE está compuesto por alternancia de depósitos lacustres y palustres y depósitos aluviales en sus partes distales (Gibert *et al.*, 1999). Los niveles superiores de estos depósitos lacustres han sido datados en la subcuenca de Baza por medio de racemización de aminoácidos en ostrácodos, dando edades en torno a los 280 Ka (Ortiz *et al.*, 2004). Al igual que en otras cuencas Terciarias como la cuenca del Ebro o la cuenca de Teruel (Sancho y Meléndez, 1992; Alonso-Zarza y Arenas, 2004), la sedimentación de la cuenca de Guadix-Baza está coronada por una calcreta laminar de 0.5-1 m de espesor que constituye el último material a techo de la secuencia sedimentaria. Esta calcreta laminar está ampliamente distribuida en la cuenca y fue desarrollada bajo un suelo cubriendo los depósitos fluviales y lacustres de la cuenca. Esta calcreta define una superficie geomorfológica plana (glacis) excepto en los bordes de la cuenca, donde tiene ligeras inclinaciones

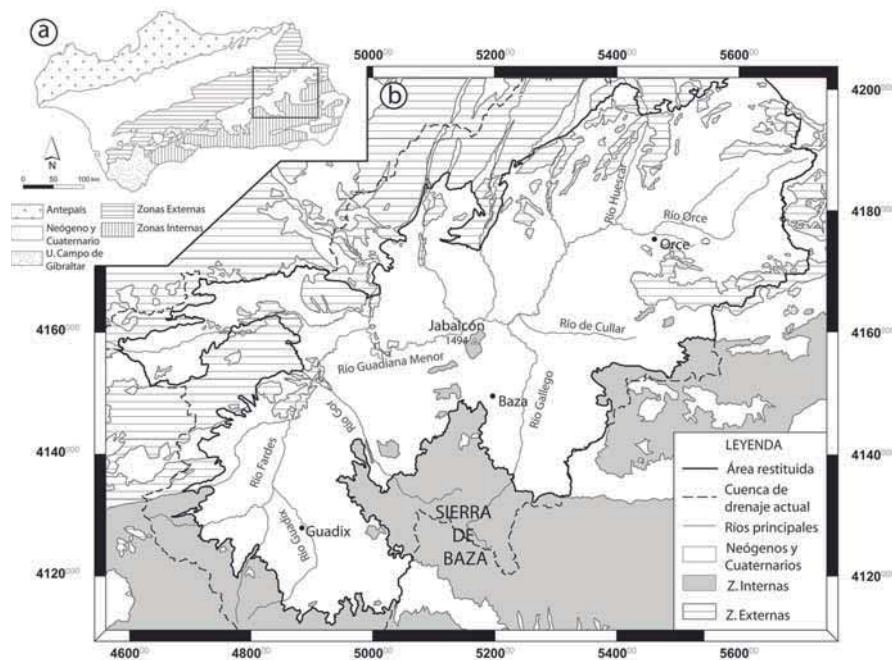


Fig. 1.- a) Localización general y esquema tectónico de la cuenca de Guadix-Baza. b) Esquema geológico para la cuenca de Guadix-Baza. En la figura se muestra con trazo discontinuo la cuenca de drenaje actual del río Guadiana Menor y con trazo grueso la zona para la que se ha realizado la restitución.

Fig. 1.- a) General location and tectonic sketch of the Guadix-Baza basin. b) Geological sketch of the Guadix-Baza basin. The dashed line depicts the Guadiana Menor river catchment, while the thick line represents the restituted area used in this study.

reproduciendo la morfología del sistema de abanicos aluviales del relleno. Posterior a la formación de esta superficie de glaciares, el drenaje endorreico de la cuenca debió de ser capturado por el río Guadalquivir (Calvache y Viseras, 1997) dando origen a la jerarquización de la actual red de drenaje y la posterior incisión fluvial. Esta calcreta ha sido datada recientemente en la subcuenca de Guadix mediante U-Th sobre facies laminares, dando una edad de 42.6 ± 5.6 Ka (Azañón *et al.*, 2004).

La red de drenaje de la cuenca de Guadix-Baza

La cuenca de Guadix-Baza es una depresión topográfica situada entre varias de las sierras de las Cordilleras Béticas (Sierra Nevada, Sierra de Baza, Sierra de Cazorla), con un drenaje externo hacia el Océano Atlántico a través del río Guadalquivir. La morfología actual dominante consiste en una meseta elevada con una altitud media de 1000 metros, fuertemente disectada por la red de drenaje actual. Esta meseta está definida por la calcreta antes mencionada. El drenaje actual de la cuenca de Guadix-Baza está organizado en torno a varios cauces principales, alguno de los cuales desarrollan llanuras de inundación relativamente anchas (hasta

1.5 km), mientras que otros forman cañones de paredes subverticales. Los sectores situados entre la superficie plana definida por la calcreta y las llanuras de inundación de los ríos están dominados por procesos de acarcavamiento, que han dado lugar a un paisaje de tipo «badlands».

Tasas de erosión en la cuenca de Guadix-Baza

Para establecer una tasa global de erosión en la cuenca de Guadix-Baza, hemos utilizado como superficie de referencia la definida por la calcreta, cuya edad absoluta es conocida (42.6 ± 5.6 ka; Azañón *et al.*, 2004). Por tanto, la tasa calculada corresponde al encajamiento medio de la

red de drenaje desde el Pleistoceno superior hasta la actualidad. Para ello, se ha partido de un modelo digital de elevaciones de 20 metros de resolución de píxel, del cual únicamente se ha considerado la superficie ocupada por sedimentos neógeno-cuaternarios incluidos en la cuenca vertiente del río Guadiana Menor (Fig. 1).

Nuestros cálculos se basan en la restitución de la superficie definida por la calcreta a su estado inicial previo al desarrollo de la red de drenaje actual. Para realizar esta restitución la metodología aplicada se basa en aislar los píxeles pertenecientes a la superficie de la calcreta, y a partir de esos puntos interpolar hasta obtener la morfología que debería tener antes de que la red de drenaje se encajase sobre ella. Con este método se extraen todas las celdas posibles pertenecientes a la superficie de referencia definida por la calcreta. Para evitar errores y mejorar la calidad del cálculo, se han eliminado las áreas donde no existe la superficie de referencia. Esta operación se ha realizado con la ayuda del software ArcGis 9, el modelo digital y las ortofotos.

El resultado de esta interpolación es un nuevo modelo simulado que reproduce la morfología de la superficie de la cuenca en el momento previo a la instalación de la red de drenaje actual. Los tres perfiles realizados muestran la diferencia entre la topografía actual y la inferida (Fig. 2). En estos perfiles se muestran los sectores en los que la superficie de la calcreta se ha preservado de la erosión y aquellos en los que su posición ha sido estimada. Si se tiene en cuenta que cada píxel del MDT tiene una superficie de 400 m^2 , el volumen total erosionado en la cuenca de Guadix-Baza puede obtenerse comparando la superficie de referencia interpolada y la superficie topográfica actual. Los resultados se muestran en la tabla I. Se ha calculado la tasa de erosión para la totalidad de la cuenca de Guadix-Baza ($6.57 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$

	Área (ha)	Volumen (Hm ³)	Tasas de erosión	
			(m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹)	(t ha ⁻¹ año ⁻¹)
Total	429344.32	120092.13	6.57	11.83
Subcuenca Guadix	205168.36	103169.40	11.80	21.24
Subcuenca Baza	224175.96	16922.73	1.77	3.19

Tabla I.- Valores de superficie, volumen de material erosionado y tasas de erosión (tomando como referencia la edad de la calcreta laminar) para la totalidad de la cuenca de Guadix-Baza, así como para las dos subcuencas de Guadix y Baza. Los valores de $\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, han sido estimados para una densidad media de los sedimentos de 1800 kg m^{-3} .

Table I.- Values of surface, volume of sediment lost by erosion and erosion rates (taking the age of the laminar calcrete as reference) for the Guadix-Baza basin and for both sub-basins of Guadix and Baza separately. Values in $\text{t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ were estimated basis on a sediment mean density of 1800 kg m^{-3} .

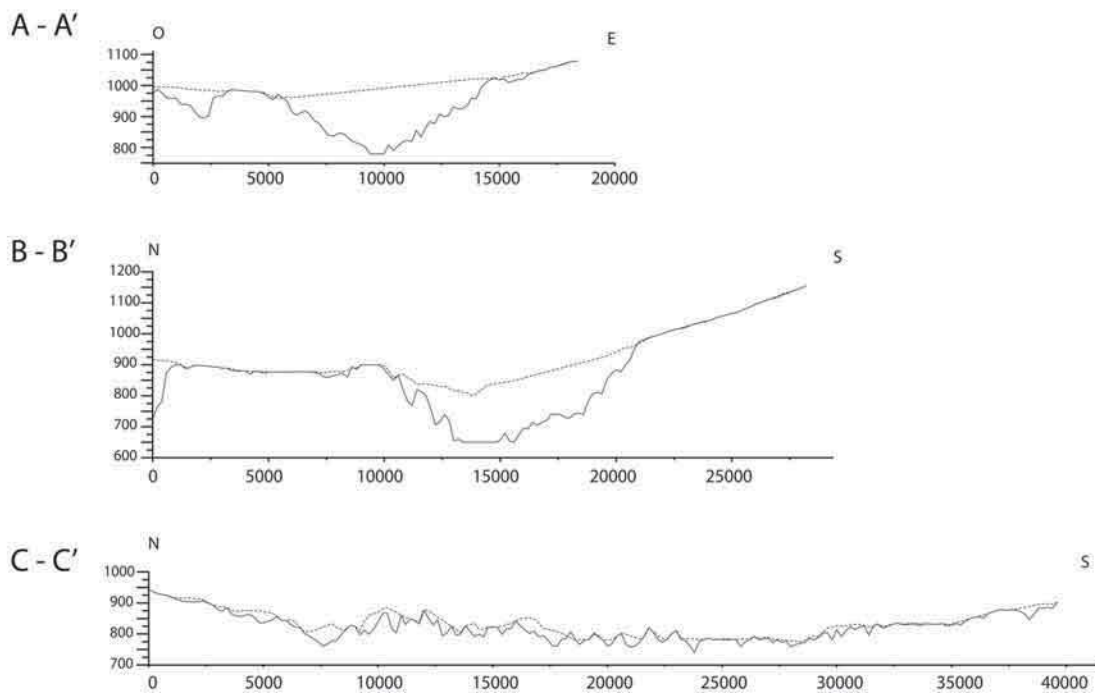
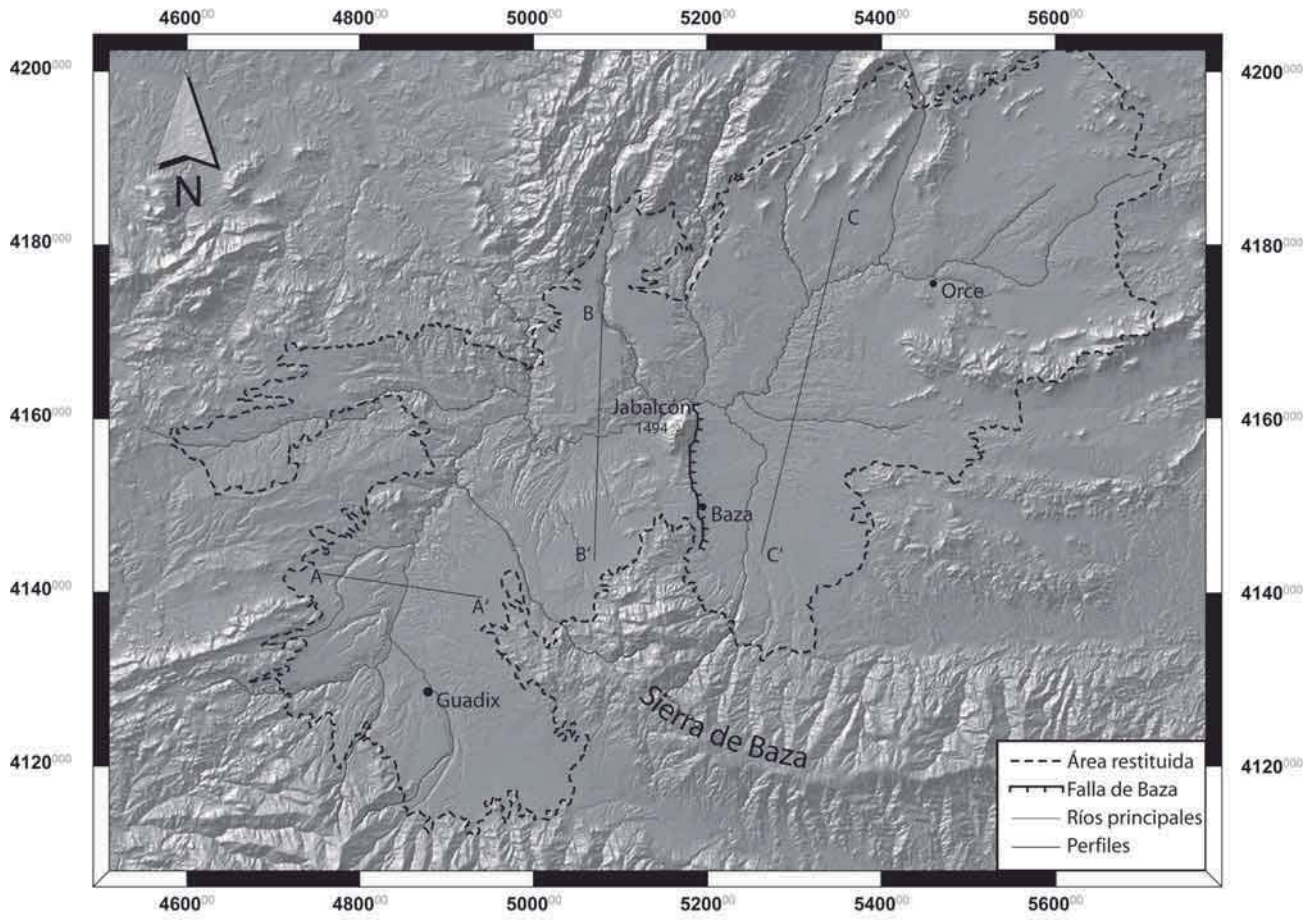


Fig. 2.- Mapa de sombras generado a partir del Modelo Digital de Elevaciones para la cuenca de Guadix-Baza. La línea discontinua representa el área restituida y los perfiles A-A', B-B' y C-C' muestran las diferencias entre la superficie real y la superficie restituida.

Fig. 2.- Shaded relief map extracted from a Digital Elevation Model for the Guadix-Baza basin. The dashed line represents the area restituted and the profiles show the differences between real and inferred surface.

¹) y las tasas correspondientes a las subcuencas de Guadix (11.80 m³ha⁻¹año⁻¹) y Baza (1.77 m³ha⁻¹año⁻¹).

Discusión y conclusiones

Con la metodología propuesta en este trabajo se ha obtenido el volumen de sedimentos erosionados en la depresión de Guadix-Baza desde que comenzó la jerarquización de la red de drenaje hasta la actualidad. En esta cuenca, estudios previos de erosión basados en retroceso de cárcavas dan valores entre 4 y 6 m³año⁻¹ (Vandekerckhove *et al.*, 2001a; 2001b). No obstante, estos valores no deben ser comparables a los volúmenes de erosión generados en una gran cuenca para gran parte del Pleistoceno Superior y el Holoceno. En zonas cercanas con características hidrológicas y climáticas comparables a la cuenca de Guadix-Baza, se han llevado a cabo numerosos estudios para la estimación de tasas de erosión. Experimentos realizados en cuencas experimentales llevados a cabo en de periodos de tiempo dilatados, sobre margas y en condiciones de lluvia natural representan una mejor aproximación. Estos experimentos dan tasas máximas de 7.47 t ha⁻¹año⁻¹ para Murcia y de 8 t ha⁻¹año⁻¹ en Alicante (Francis, 1986; Bautista *et al.*, 1996). Sin embargo, las estimaciones más cercanas a las constricciones de nuestro análisis son las basadas en los datos de sedimentos en embalses de zonas climáticamente e hidrológicamente parecidas. Estudios basados en métodos batimétricos sobre embalses de la cuenca del río Segura dan tasas de erosión entre 8.8 t ha⁻¹año⁻¹ (López Bermúdez y Gutiérrez Escudero, 1982) y 10.7 t ha⁻¹año⁻¹ (Romero Díaz, 2002; Boix-Fayos *et al.*, 2005). Estos valores son del mismo orden de magnitud que los obtenidos en este trabajo para la cuenca de Guadix-Baza.

Las características morfológicas de las subcuencas de Guadix y Baza son muy diferentes; mientras que en la subcuenca de Guadix la red de drenaje esta fuertemente encajada dando lugar a valles de hasta 300 metros de profundidad, en la de Baza el encajamiento de la red es mucho menor y los valles fluviales rara vez superan los 60 metros. Esta disparidad se pone de mani-

fiesto en las tasas de erosión de ambas subcuencas, casi de un orden de magnitud más altas en la subcuenca de Guadix que en la de Baza. Estas diferencias en las tasas de erosión podrían ser atribuibles a la propia evolución de la cuenca desde su captura por el Guadalquivir. La erosión habría sido más acusada en la subcuenca de Guadix, puesto que esta se encuentra más cerca del punto de captura. Sin embargo, parte de estas diferencias podrían ser también atribuibles a la actividad de la falla de Baza.

La falla de Baza actúa como un límite tectónico entre ambas subcuencas. Esta falla normal de dirección aproximada N-S es activa (Alfaro *et al.*, 2006) y por tanto, a lo largo del cuaternario actúa deprimiendo la subcuenca de Baza (localizada en su bloque de techo) y elevando la de Guadix (en su bloque de muro). La actividad de esta falla distorsiona el avance de la erosión remontante hacia la subcuenca de Baza, y por tanto condiciona el normal desarrollo del encajamiento de la red de drenaje. La actividad cuaternaria de esta falla proporcionaría una explicación satisfactoria a las altas diferencias encontradas sobre las tasas de erosión de las subcuencas de Guadix y Baza.

Referencias

- Alfaro, P., Sanz de Galdeano, C., Galindo-Zaldívar, J., García Tortosa, J., López Garrido, A.C., López Casado, C. y Marín, C. (2006). En: *5ª Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica*. Comunicaciones.
- Alonso-Zarza, A. y Arenas, C. (2004). *Sedimentary Geology*, 167, 91-108.
- Azañón, J.M., Tuccimei, P., Azor, A., Soligo, M., Sánchez-Almazo, I.M., Alonso-Zarza, A. y Pérez-Peña, J.V. (2004). En: *32th International Geological Congress*. Comunicaciones.
- Bautista, S., Bellot, J. y Vallejo, R. (1996). *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10, 235-242.
- Boix-Fayos, C., Martínez-Mena, M., Calvo-Cases, A., Castillo, V. y Albaladejo, J. (2005). *Land degradation & development*, 16, 517-528.
- Burbank, D.W. y Anderson, R.S. (2001). *Tectonic Geomorphology*. Blackwell Science, 247 p.
- Burbank, D.W. y Pinter, N. (1999). *Basin Research*, 11, 1-6.
- Calvache, M.L. y Viseras, C. (1997). *Earth Surface Processes and Landforms*, 22, 93-105.
- Fernández, J., Viseras, C. y Soria, J. (1996). En: *Tertiary Basins of Spain: The Stratigraphic Record of Crustal Kinematics* (P.F. Friend y C. Dabrio, Eds.). Cambridge University Press, 353-365.
- Francis, C. (1986). *Papeles de Geografía Física*, 11, 21-28.
- Gibert, L., Maestro, E., Gibert, J. y Albaladejo, J. (1999). En: *The Hominids and their Environment in the Middle and Lower Pleistocene of Eurasia* (J. Gibert, F. Ribot, F. Sánchez y L. Gibert, Eds.). Museo de Prehistoria y Paleontología de Orce, 127-144.
- Keller, E.A. y Pinter, N. (2002). *Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Prentice Hall, 362 p.
- López Bermúdez, F. y Gutiérrez Escudero, D. (1982). *Cuadernos de investigación geográfica*, 8, 3-18.
- Ortiz, J.E., Torres, T., Julia, R., Delgado, A., Llamas, F.J., Soler, V. y Delgado, J. (2004). *Quaternary Science Reviews*, 23, 717-730.
- Peña, J.A. (1979). *La depresión de Guadix-Baza: Estratigrafía del Plioceno-Pleistoceno*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 160 p.
- Romero Díaz, A. (2002). *La erosión en la región de Murcia*. Servicio de publicaciones de Murcia, 339 p.
- Sancho, C. y Meléndez, A. (1992). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 5, 81-93.
- Vandekerckhove, L., Muys, B., Poesen, J., De Weert, B. y Coppé, N. (2001a). *Catena*, 45, 123-161.
- Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D. y Gyssels, G. (2001b). *Catena*, 44, 133-161.
- Vera, J.A. (1970). *Boletín Geológico y Minero*, 18, 429-462.
- Viseras, C. (1991). *Estratigrafía y sedimentología del relleno aluvial de la Cuenca de Guadix (Cordilleras Béticas)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 327 p.
- Viseras, C. y Fernández, J. (1992). *Journal of the Geological Society of London*, 149, 1021-1029.