

Correlación litológica y magnetoestratigráfica de las secciones continentales del sector occidental de la Cuenca de Guadix (Cordillera Bética, España)

Lithologic and magnetostratigraphic correlation of the continental sections from the western sector of the Guadix Basin (Betic Cordillera, Spain)

S. Pla^{1,2}, C. Viseras², J.M. Soria³, M. Garcés⁴, E. Beamud⁵, J.A. García¹ y A. Arribas¹

- 1 Área de investigación en Patrimonio Geológico. Dpto. Investigación en Recursos Geológicos, IGME. 28003 Madrid. s.pla@igme.es, jg.solano@igme.es, a.arribas@igme.es
- 2 Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Campus Fuentenueva, UGR. 18071 Granada. viseras@ugr.es
- 3 Dpto. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias, UA. Apdo. Correos 99. 03080 Alicante. jesus.soria@ua.es
- 4 Dpto. Estratigrafía, Paleontología y Geociencias Marinas, Facultad de Geología, Campus de Pedralbes, UB. 08028 Barcelona. mgarcés@ub.edu
- 5 Laboratorio de Paleomagnetismo, Servicios Científicos de la UB, Instituto de Ciencias de La Tierra "Jaume Almera", Martí i Franqués s/n. 08028 Barcelona. betbeamud@ub.edu

Resumen: El sector occidental de la Cuenca de Guadix (Cordillera Bética, España) alberga un gran número de importantes yacimientos paleontológicos de macromamíferos. Con objeto de relacionar espacio-temporalmente dichos yacimientos, se ha elaborado un esquema detallado de correlación estratigráfica, a partir de secciones levantadas tanto en la vertical de los yacimientos como en posiciones intermedias. En este trabajo se presenta una actualización de dicho esquema, al que se han sumado los datos de paleomagnetismo recientemente adquiridos para tres secciones en las que aparecen yacimientos con información biocronológica precisa. La correlación magnetoestratigráfica con la escala de tiempo de polaridad geomagnética ha permitido datar los yacimientos más importantes que aparecen en el sector, así como determinar la edad del límite que separa las dos unidades genéticas más modernas del relleno continental de la cuenca, y calcular las tasas de sedimentación para el centro y los márgenes de la cuenca en dicho sector.

Palabras clave: correlación, Cuenca de Guadix, límite Plioceno-Pleistoceno, magnetoestratigrafía, vertebrados.

Abstract: *The western sector of the Guadix Basin (Betic Cordillera, Spain) hosts a great amount of important macromammal fossil sites. In order to provide these sites with a precise chronostratigraphic frame, a detailed litho-magnetostratigraphic study has been carried out, and an actualized correlation scheme is presented. Magnetostratigraphic data, obtained for three of the stratigraphic sections measured, the sections with the most accurate biochronological information, are added to this scheme. The magnetostratigraphic correlation with the geomagnetic polarity time scale has allowed us to date the most important fossil sites of the studied area. Additionally, this work has led us to determine the age of the boundary between the two most modern genetic units of the continental filling of the basin, and to calculate the sedimentation rates for the basin center and margins in this sector.*

Key words: *correlation, Guadix Basin, magnetostratigraphy, Pliocene-Pleistocene boundary, vertebrates.*

INTRODUCCIÓN

La Cuenca de Guadix es una depresión neógena postorogénica localizada en el sector central de la Cordillera Bética, fosilizando el antiguo contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la misma (Fig. 1). Durante su etapa continental (Tortonense sup. - Pleistoceno sup.), la cuenca fue un lugar habitado por una fauna variada, lo que sumado a las condiciones óptimas de preservación ligadas al tipo de ambiente en que se depositaron la mayoría de los restos (medio fluvial y/o lacustre), se tradujo en la posterior generación de importantes yacimientos de vertebrados. A raíz del estudio estratigráfico, sedimentológico y paleontológico de parte de dichos yacimientos por el equipo del Proyecto Fonelas (Viseras *et al.*, 2006, entre otros), concretamente de aquellos yacimientos

localizados en el sector occidental de la Cuenca de Guadix entre los años 2001 y 2006 por el equipo del proyecto, se ha obtenido el esquema de correlación litológica y magnetoestratigráfica que se presenta en este trabajo (Fig. 3).

ANTECEDENTES

El relleno sedimentario de la Cuenca de Guadix se divide en seis unidades genéticas (Fernández *et al.*, 1996), siendo las tres unidades más modernas las correspondientes al relleno continental. Siguiendo la nomenclatura establecida por estos autores, este estudio se ha centrado en los materiales de edad Plioceno y Pleistoceno de las unidades genéticas V y VI, en cuyos materiales se han identificado tres conjuntos litológicos importantes (Viseras, 1991; Pla, 2006) interpretados

como los depósitos de tres sistemas de drenaje principales: el denominado Sistema Axial (SA) (Viseras, 1991), un curso fluvial meandriforme con origen en Sierra Nevada, y que recorría la cuenca paralelamente a su eje paleogeográfico; el Sistema Transversal Interno (STI) (Viseras, 1991), que tenía su área fuente en las Zonas Internas de la Cordillera, y Sistema Transversal Externo (STE), que se alimentaba de los relieves de las Zonas Externas (Viseras, 1991). Estos dos últimos sistemas consistían en abanicos aluviales que alimentaban transversalmente al SA.

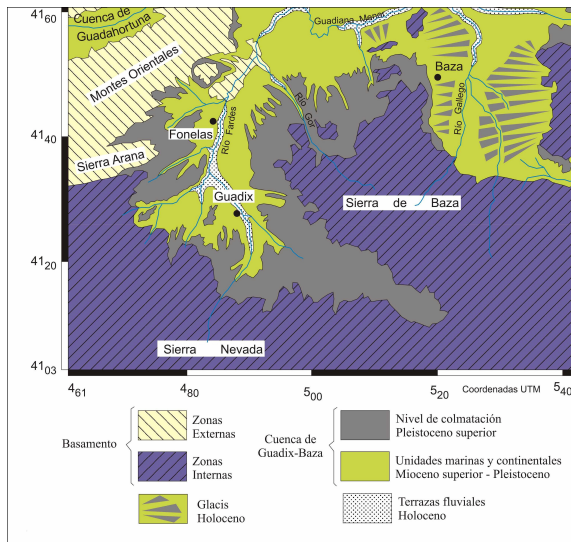


FIGURA 1. Marco geográfico y geológico de la Cuenca de Guadix.

Partiendo de los trabajos estratigráficos realizados en el sector desde el año 2005 (Pla, 2006; Pla *et al.*, 2006; Viseras *et al.*, 2006; Pla *et al.*, en prensa), se han llevado a cabo recientemente una serie de estudios magnetoestratigráficos, con objeto de proporcionar datos cronológicos más precisos de los yacimientos de grandes mamíferos de la zona, confirmar la correlación litoestratigráfica propuesta por Pla y colaboradores (en prensa) para el sector, y obtener valores de tasas de sedimentación en los materiales de las unidades genéticas V y VI, para poder así compararlos con las estimaciones proporcionadas por Viseras (1991) para las unidades V y VI, tanto en los márgenes de la cuenca como en el centro.

SECCIONES MUESTREADAS PARA SU ESTUDIO MAGNETOESTRATIGRÁFICO

De los once perfiles estratigráficos (Fig. 2) que se presentan en el panel de correlación, se han seleccionado tres perfiles (FP-1, FSCC-1 y M-9) para realizar estudios paleomagnéticos. Los criterios de selección han sido tanto la existencia de yacimientos de macromamíferos (FP-1, FSCC-1, FSCC-2, FSCC-3, M-8 y M-9) que aportan información biocronológica, como la abundancia de litofacies apropiadas para el análisis paleomagnético (lutitas rojas y grises y carbonatos micríticos). Las muestras se tomaron con una corona diamantada montada sobre un taladro eléctrico, refrigerado con agua y alimentado por un grupo

electrógeno portátil. Los testigos se orientaron in situ mediante una brújula magnética fijada a un inclinómetro.



FIGURA 2. Foto aérea con los perfiles estratigráficos levantados en el sector estudiado. Los perfiles FPB-4, FP-1, FSCC-1, FBP-SVY-1, M-9 y M-3-5 se han levantado en la vertical de los yacimientos de macromamíferos más importantes. Los perfiles FP-1, FSCC-1 y M-9 se han muestreado para los estudios de paleomagnetismo.

En cuanto a las secciones, FP-1 y FSCC-1 se encuentran en la zona central de la parte occidental de la cuenca y presentan unas características similares. En ambas existe un claro predominio de las lutitas y los carbonatos propios de la llanura de inundación del SA, que presentan frecuentes intercalaciones de materiales de las facies distales de los abanicos aluviales del STI (Pla, 2006). En el caso de la sección FP-1, con una potencia total de 118m, se muestreadaron 135 estaciones, con un espaciado medio entre ellas de 0,9m. En cambio, en la sección de FSCC-1, debido fundamentalmente a su proximidad física a la sección FP-1 (aproximadamente 1Km en la horizontal) y a la continuidad litológica con ella, solamente se muestreadaron 45m de sus 146,5m totales de potencia, obteniéndose 54 estaciones a lo largo del tramo que incluye los tres yacimientos importantes que aparecen en la vertical de dicha sección, espaciadas entre sí una distancia media de 0,8m.

La sección M-9 está situada en una zona más marginal de la cuenca, y sus 105m de potencia total se pueden dividir litológicamente en tres tramos: un tramo inferior y otro superior, formados por materiales carbonatados de color asalmonado, propios del STE, y un tramo medio formado por lutitas grises y carbonatos palustres-lacustres del SA, en el que aparecen los yacimientos M-8 y M-9. De esta serie se han muestreado 70 estaciones en los 80m superiores, con un espaciado medio entre ellas de 1,1m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis magnetoestratigráfico se ha basado en la desmagnetización térmica progresiva de la magnetización remanente natural de entre una y dos muestras por estación. Dicho análisis ha revelado la existencia de una magnetización estable o característica,

con presencia de polaridades normales e inversas, y un rango de temperaturas máximas de desbloqueo de entre 600° y 670° C. Ello sugiere que la magnetización reside en los óxidos de hierro, magnetita y hematitas que forman parte de la fracción detrítica de los sedimentos. A partir de la dirección característica se ha calculado la latitud del polo geomagnético virtual, interpretando latitudes positivas como polaridad normal y latitudes negativas como polaridad inversa.

Las secuencias de polaridad magnética obtenidas para los tres perfiles (Fig. 3) se correlacionan bien entre ellas, y a su vez, la correlación con la Escala de Tiempo de Polaridad Geomagnética (ETPG) (Lourens *et al.*, 2004) es directa, en base a la atribución por bioestratigrafía de los yacimientos incluidos en las secciones al Plioceno superior, tránsito Plioceno-Pleistoceno y al Pleistoceno inferior, de forma que en la base de la serie FP-1 aparece un tramo con polaridad normal predominante, correspondiente a Gauss, seguido por un intervalo predominantemente inverso (Matuyama). La magnetozona normal suprayacente al yacimiento FP-1, correlacionable con la que aparece por encima del yacimiento FSCC-1, se corresponde con Olduvai. El cron Reunión, reconocido por tan sólo un nivel en el perfil FP-1 se considera bien atribuido, dado que en el perfil FSCC-1 ha sido identificado en un nivel parecido. La última magnetozona normal se atribuye a Brunhes, por correlación con la secuencia de M-9. En la serie M-9 la secuencia de polaridad magnética obtenida es similar a la del perfil FP-1, salvo por la ausencia de Reunión, probablemente debida al mayor espaciado de muestreo, dada la diferente naturaleza de los materiales muestreados, o a tasas de sedimentación más bajas, que han podido influir negativamente en la resolución del registro. La otra diferencia importante entre ellas es la aparición en el perfil M-9 de una magnetozona normal no reconocida en FP-1, que se ha correlacionado como Jaramillo, interpretándose así que la última magnetozona normal que aparece tanto a techo de M-9 como de FP-1 es Brunhes.

La correlación de las tres secuencias de polaridad proporciona información de naturaleza cronológica sobre los yacimientos de macromamíferos que aparecen en dichos perfiles, de forma que sus edades más probables serían las siguientes: 2,5-2,4 Ma para FSCC-2 y FSCC-3; 2,0 Ma para FP-1 y FSCC-1, siendo el segundo yacimiento ligeramente más moderno que el primero; 1,9-1,8 Ma para M-8 y 1,5-1,4 Ma para M-9.

En cuanto a los yacimientos no incluidos en las secciones FP-1, FSCC-1 y M-9, se les atribuiría, por correlación litoestratigráfica, las siguientes cronologías: 2,128-2,0 Ma (polaridad inversa entre Reunión y el yacimiento FP-1) para FPB-4; 1,9 Ma (polaridad normal, base de Olduvai) para FBP-SVY-1; y 1,778-1,072 Ma (polaridad inversa entre Olduvai y Jaramillo) para el tramo donde aparecen M-3, M-4 y M-5.

La inclusión de las secuencias de polaridad de las secciones FP-1, FSCC-1 y M-9 en el esquema general de correlación (Fig. 3) ha permitido extrapolar los datos

de magnetoestratigrafía, corroborando la correlación litoestratigráfica previa, y permitiendo trazar una serie de isócronas, siendo una de ellas la que marca la separación entre las unidades genéticas V y VI. A consecuencia de esto, se han podido estimar tasas de sedimentación en el sector. Respecto al límite entre las unidades genéticas V y VI, ya existía una propuesta previa de su trazado, así como una estimación de su edad en base a datos biocronológicos (intra MN16) (Viseras, 1991; Pla *et al.*, en prensa), aunque a la luz de los nuevos datos obtenidos, se propone un nuevo trazado de dicho límite, y una edad para él de 1,778Ma (techo de Olduvai). Basado tanto en criterios cartográficos y de observación en campo, como en las diferencias entre las tasas de sedimentación calculadas para los materiales de las dos unidades que delimita la isócrona propuesta, este nuevo trazado corresponde a un momento en que el Sistema Axial experimenta una expansión drástica. En M-9 se identifica con la zona de mayor expansión hacia el Oeste de los materiales del SA que se intercalan en sedimentos del STE, y en FP-1 se reconoce por un cambio litológico importante, marcado por un notable incremento de los niveles de carácter carbonatado en la serie.

Por último, como ya se ha mencionado, la extrapolación de las isócronas obtenidas por correlación magnetoestratigráfica y litológica ha permitido el cálculo de tasas de sedimentación para el centro y el margen de la cuenca, tanto en la parte superior de la unidad genética V, como en la unidad VI. Para la unidad V, la tasa de sedimentación media en el centro de la cuenca (perfil FP-1) se aproxima a los 5,2cm/1000años, mientras que para la misma unidad, en el sector marginal (perfil M-9) está en unos 3cm/1000años. En cuanto a la unidad VI, presenta en el centro de la cuenca un valor medio de 2,4cm/1000años, menor que la tasa de la unidad infrayacente, pero en el margen presenta un valor de 2,3cm/1000años, es decir, el valor varía menos entre las unidades V y VI en el margen que en el centro, pero en la unidad VI las tasas de sedimentación en el centro y el margen se equiparan.

CONCLUSIONES

La magnetoestratigrafía realizada en tres secciones que afloran en el sector occidental de la Cuenca de Guadix ha permitido corroborar la correlación litológica preexistente, y asignar datos cronológicos tanto a los yacimientos de grandes mamíferos que aparecen en la zona (FSCC-2 y FSCC-3: 2,5-2,4 Ma; FPB-4: 2,128-2,0 Ma; FP-1 y FSCC-1: 2,0 Ma; FBP-SVY-1: 1,9 Ma; M-8: 1,9-1,8 Ma; M-3, M-4 y M-5: 1,778-1,072 Ma; M-9: 1,5-1,4 Ma), como a la superficie isócrona de separación de las unidades genéticas V y VI (1,778Ma). Asimismo, a partir de las nuevas isócronas obtenidas se han podido calcular tasas de sedimentación que confirman la hipótesis ya planteada por Viseras (1991) de que en el sector central de la cuenca, para la unidad genética V, las tasas de sedimentación y subsidencia serían mayores en el centro que en los márgenes, mientras que en la unidad VI las tasas en el centro y en el margen se equiparan.

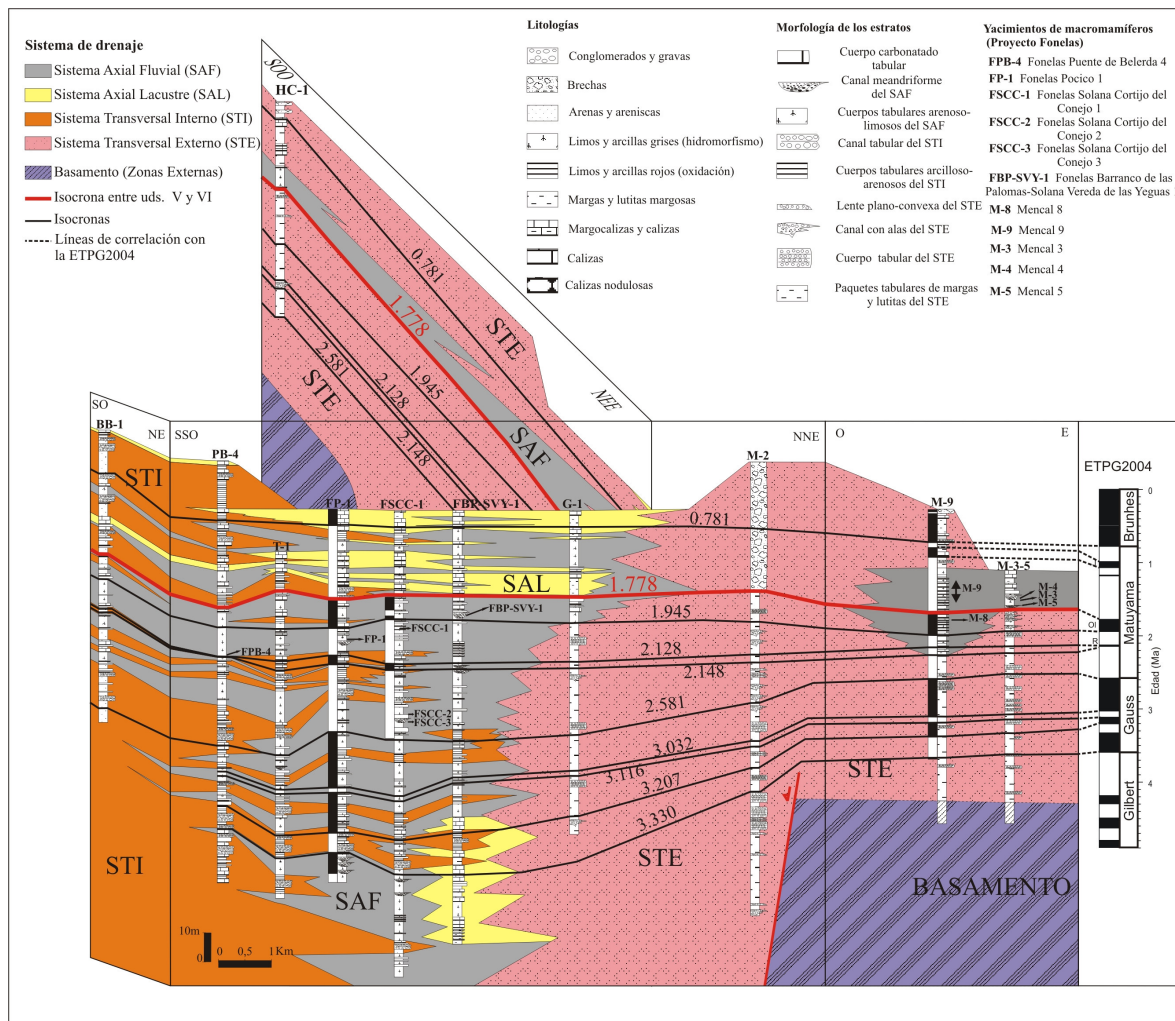


FIGURA 3. Correlación litológica y magnetoestratigráfica del sector occidental de la Cuenca de Guadix.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con la financiación y el apoyo de los proyectos del IGME 2001016 y 2005009, el Proyecto General de Investigación de la Dirección General de Bienes Culturales de la Junta de Andalucía, el Proyecto CGL2005-06224/BTE y el Grupo de Investigación RNM 163 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

- Fernández, J., Soria, J.M. y Viseras, C. (1996): Stratigraphic architecture of the Neogene basins in the central sector of the Betic Cordillera (Spain): tectonic control and base-level changes. En: *Tertiary basins of Spain* (P. Friend y C. Dabrio, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 292-299.
- Lourens, L., Hilgen, F.J., Shackleton, N.J., Laskar, J. y Wilson, D. (2004): The Neogene period. En: *A Geological Time Scale 2004* (F.M. Gradstein, J.G. Ogg y A.G. Smith, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 409-440.
- Pla, S. (2006): Encuadre estratigráfico de los más significativos yacimientos de macromamíferos

continentales localizados en el marco del Proyecto Fonelas (límite Plioceno-Pleistoceno, Cuenca de Guadix, Granada, España). *Boletín Geológico y Minero*, 117: 483-489.

- Pla, S., Viseras, C., Arribas, A. y Soria, J.M. (2006): Un esquema estratigráfico preliminar para los yacimientos de macrovertebrados del sector occidental de la Cuenca de Guadix-Baza (Cordillera Bética). *Geo-Temas*, 9: 197-200.
- Pla, S., Viseras, C., Soria, J.M. y Arribas, A. (en prensa): El papel de la tectónica en la evolución sedimentaria en el sector occidental de la Cuenca de Guadix (Cordillera Bética, España). *Geogaceta*, 43.
- 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., Soria, J.M., Durán, J.J., Pla, S., Garrido, G., García-García, F., Arribas, A. (2006): A large-mammal site in a meandering fluvial context (Fonelas P-1, Late Pliocene, Guadix Basin, Spain). Sedimentological keys for its paleoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 242: 139-168.