

Estructura del sector norte de la Cuenca de Almazán (Cordillera Ibérica)

Structure of the northern border of the Almazan basin (Iberian Chain)

A. Maestro, A.L. Cortés y A.M. Casas

Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza

ABSTRACT

The Tertiary compressional structure of the northern sector of the Almazán basin is defined by several E-W to NW-SE trending folds. These folds extend from the northern and eastern basin borders to the central part. Geometrical reconstructions obtained from the study of seismic reflection profiles and outcrop observations indicate that the folds in the Paleogene beds can be followed to the Mesozoic strata below them and to the Palaeozoic basement. Their wavelength varies between 1 and 5 km, and their mean amplitude between 250 and 500 m. At surface most folds are asymmetric, the northern limbs of the anticlines reaching dips of 70°, whereas at depth they are gentler and more symmetric. Disharmonic folding is due to minor detachments in the upper part of the sections. Other structures present in the northern part of the Almazán basin are normal faults, unconformably covered by the Paleogene units, and related to Mesozoic extension giving rise to the Cameros basin.

Key words: flexural fold, compression, Paleogene, Almazán basin, Iberian Chain

Geogaceta, 22 (1997), 117-120
ISSN: 0213683X

Introducción

La Cuenca de Almazán es la cuenca paleógena intramontañosa más importante de la Cordillera Ibérica. Se sitúa en la parte occidental de la misma, en el límite con la Cuenca del Duero (Fig. 1). La potencia máxima conservada de los sedimentos terciarios alcanza más de 3500 m, de los cuales unos 500 corresponden al Neógeno y 3000 al Paleógeno (Armenteros *et al.*, 1989; Carballeira y Pol, 1989; Bond, 1996). Los materiales paleógenos aparecen plegados, sobre todo en las zonas marginales de la cuenca (límites con el macizo de Cameros y la Rama Aragonesa de la cadena) mientras que el Neógeno se encuentra en posición subhorizontal, con buzamientos muy suaves hacia el centro de la cuenca.

La estructura de la zona norte de la Cuenca de Almazán, próxima a su límite con el macizo de Cameros, ha sido interpretada como una gran zona de cizalla dextra de dirección E-W a WNW-ESE (denominada falla de Soria por Navarro *et al.*, 1991, y falla de San Saturio por Aracil *et al.*, 1993) que se extendería a lo largo de más de 30 km, desde la Sierra de San Marcos, al oeste de Soria, hasta el sector de la Rama Aragonesa. Esta banda

presenta, según los autores citados, una zona brechificada de entre 0.5 y 1 km de espesor, y limitaría los afloramientos paleógenos situados al sur de la misma con una cuenca neógena limitada entre esta falla y el borde sur de la Sierra de Cameros (cuenca de Fuensaúco-Peroniel, rellena por las formaciones de Los Quemados y Sierrecita, de Navarro *et al.*, 1991).

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la estructura del sector norte de la Cuenca de Almazán, y su evolución tectónica durante el Terciario, contrastándola con trabajos anteriores. La metodología utilizada ha sido la elaboración de cortes geológicos a partir de datos de superficie, el estudio de fotografía aérea y el análisis de perfiles de sismica de reflexión.

Situación geológica

La Cuenca de Almazán se sitúa en el sector noroccidental de la Cordillera Ibérica, separando el bloque formado por las Sierras de Cameros y la Rama Aragonesa (al N y E), de la Rama Castellana (situada al S). Hacia el W su límite en superficie con la Cuenca del Duero es difuso y viene marcado por un conjunto de paleorre-

lieves de materiales del Cretácico superior que afloran entre los estratos horizontales del Neógeno. La cuenca de Almazán presenta una evolución tectónica compleja, funcionando como área de escasa subsidencia durante el Mesozoico (ITGE, 1990, Maestro, 1994), y como un área deprimida durante el Terciario, etapa durante la cual se produjo la acumulación de más de 3000 m de sedimentos, procedentes de la erosión de las cadenas circundantes (Armenteros *et al.*, 1989, Lendínez *et al.*, 1991, Bond, 1996).

Los materiales terciarios que rellenan la cuenca fueron depositados en ambientes de abanicos aluviales. Son fundamentalmente sedimentos detríticos (areniscas y conglomerados) en los bordes, que pasan lateralmente a lutitas y carbonatos hacia el centro de la cuenca. El relleno terciario ha sido dividido en 9 unidades tecto-sedimentarias (Mediavilla *et al.*, 1996), 4 paleógenas y 5 neógenas. En las unidades paleógenas dominan los sedimentos detríticos mientras que hacia la parte superior de la serie hay mayor abundancia de depósitos carbonatados.

La estructura general del Paleógeno de la Cuenca de Almazán es la de un sinclinal asimétrico, de dirección WNW-ESE, cuyo flanco sur está cortado por

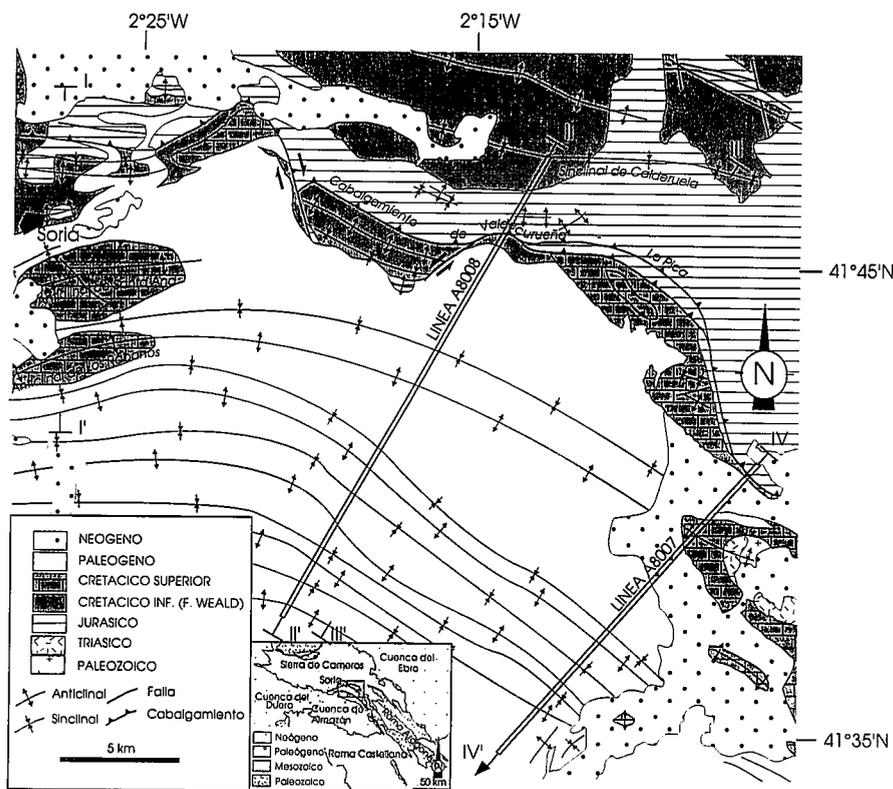


Fig. 1.- Esquema geológico del área de estudio (modificado de Navarro *et al.*, 1991), con la situación en el conjunto de la cuenca de Almazán. Se indica la posición de los cortes de la Fig. 2 y de las líneas sísmicas utilizadas para la realización de este estudio.

Fig. 1.- Geological sketch of the studied area (modified from Navarro *et al.*, 1991), and its location within the Almazán basin. The position of the cross sections of Fig. 2, as well as the seismic profiles used in this work, is indicated.

una falla inversa de alto ángulo (ITGE, 1990). La potencia máxima conservada de materiales terciarios se encuentra en el núcleo sinclinal, inmediatamente al norte de la ciudad falla. Hacia el N la estructura del Paleógeno se resuelve en una serie de pliegues de traza arqueada cuya dirección pasa de E-W en la parte central de la cuenca a WNW-ESE y NW-SE en el límite con la Rama Aragonesa (Maestro, 1994; Casas y Maestro, 1996). En conjunto este arco de pliegues describe la geometría del trazado de los bordes de la cuenca (Fig. 1).

Desde el punto de vista estratigráfico, los materiales que afloran en el sector norte de la Cuenca de Almazán corresponden a la serie mesozoica del borde sur de la Cuenca de Cameros y al relleno de la cubeta terciaria. La serie estratigráfica característica de la Cuenca de Cameros comprende: 1) el Triásico superior en facies Keuper; 2) el Jurásico marino, con una potencia conjunta comprendida entre 500 y 600 m (Navarro *et al.*, 1991); 3) el Jurásico superior-Cretácico inferior en facies Weald, constituido por arcillas, calizas lacustres y areniscas, con una poten-

cia que varía entre 500 y 3000 m (Guiraud, 1983, Clemente y Alonso, 1990); 4) las formaciones Escucha-Utrillas; 5) el Cretácico superior carbonatado (Cenomaniense-Maastrichtiense), que alcanza unos 300 m de espesor (Navarro *et al.*, 1991).

En el área estudiada se ha definido dos secuencias de edad terciaria (Navarro *et al.*, 1991 y Aracil *et al.*, 1993): los depósitos de edad paleógena situados al sur, a los que se han denominado Sistema Norte de Alconaba, Sistema aluvial de los Rábanos-Ribarroya y Formación San Saturio, que se asimilan a las UTS III y IV definidas por Armenteros *et al.* (1989) y Carballeira y Pol (1989); y materiales neógenos, que se extienden entre las localidades de Soria, Fuensaúco y Peroniel, que constituyen las formaciones Los Quemados y La Sierrecita. Las observaciones de campo, tanto desde el punto de vista estratigráfico como estructural (Maestro, 1994; Maestro *et al.*, 1997a), apuntan claramente a pensar que existe continuidad en los depósitos de todo el borde norte de la Cuenca de Almazán, siendo muy probable que los depósitos

datos como de edad neógena sean en realidad paleógenos y asimilables a los sistemas aluviales de procedencia N-NE, compuestos por conglomerados, areniscas y lutitas.

Estructura

Las estructuras de mayor relevancia que aparecen en la zona de estudio presentan dirección E-W a WNW-ESE y son, de norte a sur (Fig. 1):

1) El sinclinal de Calderuela, que afecta a los materiales del Cretácico inferior de la Cuenca de Cameros, con buzamientos en los flancos entre 20 y 40°.

2) El cabalgamiento de Valdecuerña-La Pica (Navarro *et al.*, 1991), de vergencia sur, cuya traza cartográfica puede seguirse a lo largo de 25 km. Su geometría general en superficie es de relleno de bloque superior-rampa de bloque inferior. En el bloque superior aparece la base del Jurásico marino y las facies Keuper, que constituyen el nivel de despegue, y en el bloque inferior el Cretácico inferior en facies Weald y el Cretácico superior carbonatado en la zona más oriental.

3) Al sur del cabalgamiento citado aparece un tren de pliegues, con dirección subparalela a las estructuras anteriores, vergentes al norte, y con trazas axiales que llegan a alcanzar 40 km de longitud. La mayor parte de los pliegues poseen longitudes de onda comprendidas entre 1 y 5 km y amplitudes entre 250 y 500 m. Las charnelas anticlinales tienden a ser suaves, con zonas de buzamiento horizontal y las charnelas sinclinales angulosas (Fig. 2, cortes I-I' y II-II'). La zona plegada está limitada al norte por las estructuras del borde sur del macizo de Cameros y hacia el sur por una gran estructura monoclinial (con 30° de buzamiento medio) con la misma orientación, que la separa del dominio central de la Cuenca de Almazán (Fig. 2, corte IV-IV'), en el que todo el conjunto Mesozoico-Paleógeno-Neógeno presenta buzamientos subhorizontales (ITGE, 1990).

Se han realizado cuatro cortes geológicos, dos de ellos a partir únicamente de datos de superficie y los otros dos combinando datos de superficie y la interpretación de perfiles de sísmica de reflexión, realizados durante las campañas de prospección de los años 80 por Repsol-exploración. La existencia, a lo largo de la traza axial de un mismo pliegue, de niveles de erosión distintos permite una mejor aproximación a la geometría en profundidad de los mismos (así por ejemplo, en la transversal del corte I-

I' de la figura 2 afloran las unidades del Cretácico superior que se encuentran a cerca de 1500 m de profundidad en los cortes II-II' y III-III'.

En el corte I-I' (Fig. 2) puede observarse el cabalgamiento de Valdecuerueña-La Pica, cuyo bloque inferior aparece plegado y afectado por fallas normales heredadas de la extensión mesozoica. Algunas de estas fallas han sido reactivadas como inversas durante la compresión terciaria. Esta zona de fallas normales constituye el límite meridional de la Cuenca de Cameros, ya que más al sur las Fms. de Escucha-Utrillas se apoyan directamente sobre el Triásico y el Paleozoico (sondeo de Quintana-Redonda, Lanaja, 1987). Al sur de la zona de fallas normales aparecen dos anticlinales vergentes al norte, dibujados por el Cretácico superior, limitados por sinclinales apretados. La geometría de estos pliegues parece responder a la de pliegues de propagación de falla, aunque el buzamiento del cabalgamiento frontal del anticlinal de Santa Ana, que aflora en superficie, es mayor del que le correspondería en caso de ajustarse a un pliegue de propagación simple (Jamison, 1992). La mayor parte de las estructuras presentes a lo largo de esta transversal deben involucrar al zócalo paleozoico tal como se observa en la interpretación propuesta.

Los cortes II-II' y III-III' (Fig. 2) muestran la geometría en profundidad del tren de pliegues paleógenos observables en superficie, limitados al norte por el cabalgamiento de Valdecuerueña-La Pica. Aparecen dos diferencias fundamentales al comparar los datos de superficie y los de sísmica de reflexión: 1) en general, los buzamientos deducidos a partir del cálculo de profundidades de reflectores en el perfil sísmico son menores que los medidos en superficie, y 2) en superficie aparece un mayor número de pliegues, algunos de ellos de escala más pequeña. Ambos datos son indicadores de la existencia de niveles de despegue, posiblemente de pequeña entidad y constituidos por los niveles arcillosos, en el interior de la serie paleógena. En el extremo sur del corte II-II' puede observarse la relación entre cabalgamientos algo más profundos y los pliegues. A partir de la observación del perfil no se detecta la existencia de niveles de despegue importantes en la base de la serie mesozoica, por lo que parece probable que estos últimos afecten al zócalo paleozoico. Otra estructura destacable en los cortes II-II' y III-III' es la falla normal que hace desaparecer bruscamente todos los reflectores correspondientes al Cretácico infe-

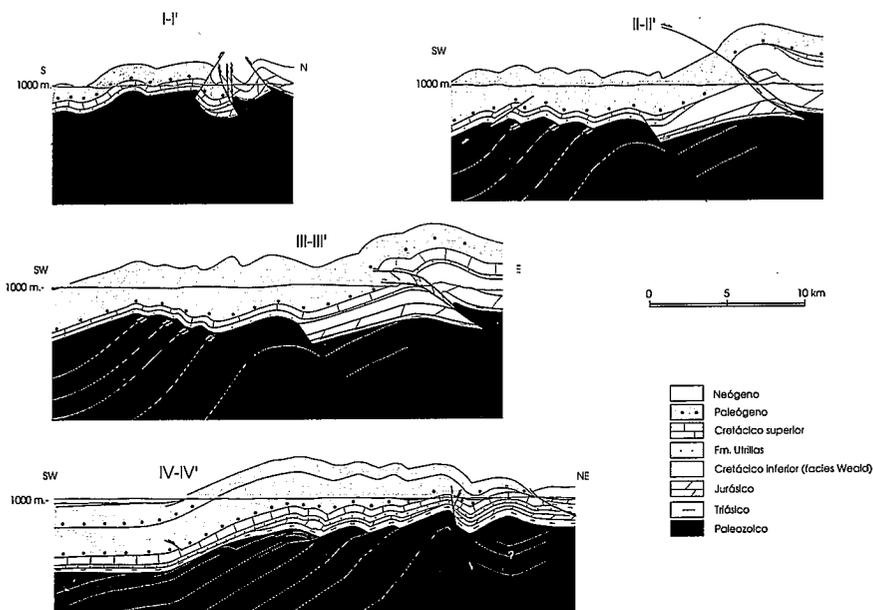


Fig. 2.- Cortes geológicos (realizados a partir de datos de superficie e interpretación de líneas sísmicas) en los que se muestra la estructura del sector norte de la cuenca de Almazán. Las líneas marcadas en blanco corresponden a superficies de estratificación dentro del Paleozoico, cuya orientación está determinada a partir de la interpretación de líneas sísmicas.

Fig. 2.- Cross-sections (drawn from surface data and interpretation of seismic profiles) showing the structure of the northern sector of the Almazán basin. Lines in white within the Palaeozoic indicate bedding surfaces (their orientation was defined from interpretation of seismic lines).

rior. En este caso el límite sur de la Cuenca de Cameros se encontraría fosilizado por los materiales paleógenos y deformado por el plegamiento que afecta a estos.

En el corte IV-IV', situado en la posición más oriental, puede seguirse el mismo tren de pliegues, que hacia el sur termina en la estructura monoclinial del centro de la cuenca. En los materiales paleozoicos infrayacentes se observan reflectores que indican que la estructura de esta serie es prácticamente monoclinial, con buzamientos relativamente bajos, que se hacen subhorizontales por debajo del paleógeno horizontal del centro de la cuenca.

Interpretación y discusión

El conjunto de estructuras observadas en el sector norte de la Cuenca de Almazán es interpretable como el resultado de la extensión mesozoica (durante la cual la Cuenca de Almazán actuaría como el margen no subsidente de la Cuenca de Cameros) y la subsiguiente inversión de las estructuras extensionales como fallas inversas, y formación de estructuras nuevas, durante el Terciario. Algunas de las estructuras extensionales no sufrieron reactivación y se plegaron pasivamente con el resto de la serie, debido

posiblemente a su fuerte buzamiento y a su perpendicularidad al eje de máximo esfuerzo compresivo.

El plegamiento asimétrico vergente al norte que afecta al conjunto de la serie paleógena y mesozoica llega hasta el techo del zócalo paleozoico (Fig. 2). Es probable que algunos de estos pliegues respondan a la reactivación de pliegues hercínicos de mayor escala fosilizados por la serie mesozoica. La reactivación de estos pliegues traería consigo la formación de fallas inversas sobre la discordancia hercínica y la creación de pliegues de propagación en la cobertera situada sobre ella (según el modelo de Alonso, 1985), al igual que ocurre en la Rama Aragonesa, donde pueden verse afloramientos del zócalo paleozoico (Maestro *et al.*, 1997b). En el sector estudiado, a techo del Paleozoico se producirían pliegues de adaptación, sin dar lugar a fallas inversas, de acuerdo con el modelo propuesto por Casas *et al.* (1994). Esta hipótesis se ve apoyada por la posición de los reflectores sísmicos dentro del Paleozoico (corte IV-IV'), que aparecen prácticamente horizontales en las zonas en que los materiales paleógenos están subhorizontales, mientras que en las zonas de pliegues estos reflectores son oblicuos a la discordancia Mesozoico/

Paleozoico, y por tanto un aumento en su buzamiento traería consigo la formación de pliegues en la cobertera.

La zona de cizalla, o falla de Soria (Navarro *et al.*, 1991) o San Saturio (Aracil *et al.*, 1993) se corresponde en su sector oriental con el cabalgamiento frontal, de muy escasa entidad, del anticlinal de Santa Ana (corte I-I'), que se amortigua rápidamente hacia el este, dando paso a un sinclinal asimétrico, en cuyo núcleo se sitúa una falla normal de edad cretácica, pero que no presenta evidencias de fracturación durante el terciario. Los máximos de anomalías gravimétricas negativas supuestamente asociadas a esta zona de cizalla (Aracil *et al.*, 1993) se corresponden con el núcleo del citado sinclinal.

De acuerdo con nuestra interpretación, las formaciones de Los Quemados y Sierrecita (de Navarro *et al.*, 1991) tienen edad paleógena y se sitúan en la base de la serie terciaria en esta zona, discordantes sobre los materiales mesozoicos y con un buzamiento muy similar al de estos, de unos 25° S. Esto implica la posibilidad de asimilarlas a algunas de las formaciones paleógenas ya definidas por otros autores dentro de la cuenca (Lendínez *et al.*, 1991). La no existencia de la banda de cizalla correspondiente a la falla de Soria-San Saturio implica que no existen, en el entorno estudiado, cuencas neógenas limitadas por fallas (al contrario de lo interpretado por Navarro *et al.*, 1991 y Aracil *et al.*, 1993), sino que estos materiales se sitúan discordantes, en posición subhorizontal, sobre las rocas paleógenas y mesozoicas.

Conclusiones

- La estructura del sector norte de la Cuenca de Almazán está definida por cabalgamientos de vergencia sur, fallas normales reactivadas y una serie de pliegues asimétricos vergentes al N con una longitud de onda regular.

- Los pliegues paleógenos pueden seguirse hasta el zócalo paleozoico, y presentan una geometría asimilable a pliegues de propagación. Su origen está asociado a la reactivación de pliegues paleozoicos y a la creación de fallas inversas por deslizamientos capa sobre capa en

tre unidades de la serie paleozoica.

- Las fallas normales son el resultado de la distensión cretácica (fossilizadas por la discordancia basal del Paleógeno, como puede deducirse a partir de perfiles sísmicos).

- Las observaciones de campo, así como por los resultados obtenidos de la interpretación del perfil sísmico A8008 de Repsol-exploración (ver situación en la Fig. 1), nos permiten asegurar que no hay ninguna evidencia de la existencia de la Falla de Soria (Navarro *et al.* 1991) o Falla de San Saturio (Aracil *et al.* 1993), que, según los autores citados, presenta en algunos puntos una zona de cizalla de una anchura superior a los 300 m, pone en contacto depósitos paleógenos sobre neógenos, y «probablemente enlaza al Oeste con la Falla de San Leonardo de Yagüe y continúa con la importante falla transcurrente de Ventaniella» (Aracil *et al.* 1993).

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado mediante el proyecto DGICYT PB93-1218. Los autores muestran su agradecimiento a Repsol-exploración por el permiso para consultar las líneas sísmicas citadas en el texto.

Referencias

- Alonso, J.L. (1985): *Tesis Doctoral*, Univ. de Oviedo. Pub: Institución Fray Bernardino de Sahagún de la Excm. Diputación Provincial de León, 276 p.
- Aracil, E., López Mendieta, F.J., Rubio, V., Sanz, E. y Savirón, L. (1993): *Geogaceta*, 13: 12-15
- Armenteros, I, Dabrio, C. J., Guisado, R. y Sánchez de Vega, A. (1989): *Studia Geologica Salmanticensia* 5: 107-127.
- Bond, J. (1996): In *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*, (eds. P. F. Friend and C.J. Dabrio): 203-213, Cambridge: Cambridge University Press.
- Carballeira, J. y Pol, C. (1989): *Informe complementario sobre el Paleógeno de la Cuenca de Almazán. Mapa Geológico de España Escala 1:50.000*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 49 p.
- Casas, A.M., Gil, I., Lerános, B., Millán, H. y Simón, J.L. (1994): *Geol. Rundsch.*, 83: 853-867
- Casas, A.M. y Maestro, A. (1996): *Tectonophysics*, 255: 135-156.
- Clemente, P. y Alonso, A. (1990): *Estudios Geológicos*, 45: 90-109
- Guiraud, M. (1983): *Tesis 3er ciclo*, Univ. Montpellier, 176 p.
- I.T.G.E. (1990): *Documentos sobre la geología del subsuelo de España. Vol. 5: Duero-Almazán*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 20 maps.
- Jamison, W.R. (1992): In: K.R. McClay (ed.), *Thrust tectonics*. Chapman y Hall: 155-164
- Lanaja, J. M. (1987): *Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 465 p.
- Lendínez, A., Ruiz Fernández, V., Rosell, J., Costa, J.M., Gómez, D., Maestro, E., Meléndez, A., Carballeira, J., Pol, C., Armenteros, I., Martín, D., Simón, J.L., Benito, G., Gutiérrez, M., Sancho, C., Tena-Dávila, M. y Granados, L. (1991): *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000. Hoja nº 408, Torrijo de la Cañada*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 90 p. y un mapa.
- Maestro, A. (1994): *Tesis de Licenciatura*. Universidad de Zaragoza, 159 p.
- Maestro, A., Liesa, C.L., Simón, J.L., Casas, A.M. y Arlegui, L.E. (1997a): *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (1-2).
- Maestro, A., Cortés, A.L. y Casas, A.M. (1997b): *III Congreso G.E.T., Cuenca* (en prensa).
- Mediavilla, R., Dabrio, C. J., Martín-Serrano, A. y Santisteban, J. I. (1996): In *Tertiary basins of Spain: the stratigraphic record of crustal kinematics*, (eds. P. F. Friend and C.J. Dabrio), Cambridge University Press, 228-236.
- Navarro, D., Granados, L., Muñoz, J.L., Gómez, J.J., Ferreira, E., Valladares, I., Meléndez, A., Rosell, J., Costa, J.M., Gómez, D., Maestro, E., Carballeira, J., Pol, C., Armenteros, J., Molina, E., Casas, A.M. y Simón, J.L. (1991): *Mapa Geológico de España escala 1:50.000, Hoja nº 350, Soria*. Instituto Tecnológico y Geominero de España, Madrid, 70 p. y un mapa.