

Aspectos de la tectónica cretácica y terciaria en la cuenca de Utrillas (Teruel) a partir de los datos de minería de interior.

M. ARANDA¹ Y J. L. SIMON²

¹Minas y Ferrocarriles de Utrillas S.A. Utrillas (Teruel).

²Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza

Resumen: A partir de datos procedentes de varias campañas de investigación y explotación de minería de interior en la cuenca de Utrillas-Escucha (Teruel) se han reconstruido las macroestructuras del subsuelo mediante un mapa de contornos estructurales de una de las capas de carbón. Se han caracterizado dos generaciones superpuestas de estructuras: (1) pliegues de dirección NW-SE, y (2) pliegues y fallas de componente inversa E a ENE, en una secuencia igual a la que se aprecia en otros puntos del NE de la Cordillera Ibérica. Asimismo se han medido y analizado, en un total de cuatro estaciones situadas en galerías subterráneas, poblaciones de fallas normales de escala métrica a decamétrica, a partir de las cuales se han inferido paleoesfuerzos distensivos con direcciones de extensión entre ENE y SE. Dado que dichas fallas normales son sinsedimentarias, interpretamos estos paleoesfuerzos distensivos en relación con los movimientos tectónicos del Cretácico inferior.

Palabras clave: tectónica alpina, pliegues superpuestos, falla sinsedimentaria, paleoesfuerzo distensivo, Cordillera Ibérica, Cretácico.

Abstract: Deep macrostructures have been reconstructed within the Cretaceous coal basin of Utrillas-Escucha (Teruel, Spain) by means of the contour map of a coal seam, using data from exploration and mining surveys. Two different sets of structures have been defined: (1) NW-SE folds, and (2) superimposed E to ENE folds and reverse faults, following a tectonic sequence similar to that inferred in other localities of the northeastern Iberian Chain. On the other hand, data of metric to decametric normal faults have been collected in four stations located in horizontal galleries. The results of their analysis indicate extensional palaeostresses with extension axes oriented between ENE and SE. Since these normal faults are synsedimentary, we can interpretate that the extensional palaeostresses are related to the Lower Cretaceous tectonic movements.

Key words: alpine tectonics, superimposed folds, synsedimentary fault, extensional palaeostress, Iberian Chain, Cretaceous.

Aranda, M. y Simón, J. L. (1993): Aspectos de la tectónica cretácica y terciaria en la cuenca de Utrillas (Teruel) a partir de los datos de minería de interior. *Rev. Soc. Geol. España*, 6, 123-129

El área estudiada forma parte del conjunto de cuencas de carbón cretácicas del NE de la provincia de Teruel (figura 1). Afloran en ella materiales mesozoicos, esencialmente cretácicos, englobados en las siguientes grandes unidades litoestratigráficas:

(1) Facies Weald (arcillas y areniscas), de edad Barremiense s.l. y discordante sobre el Jurásico.

(2) Facies Urgoniana (un centenar de metros de calizas recifales con margas grises intercaladas), de edad Barremiense-Gargasense inferior.

(3) Formación Escucha, definida por Aguilar *et al.* (1971) y Cervera *et al.* (1976). Consta de margas, arcillas y limos arcillosos de colores grises y pardos, con 5 ó 6 niveles de carbón explotables, tramos de areniscas calcáreas y, a techo, arenas blancas de grano fino. El espesor total varía entre 300 y 500 m. La edad asignada en la localidad tipo es Aptiense superior-Albiense inferior (Aguilar *et al.* (1971), si bien trabajos recientes realizados en regiones más orientales la sitúan en el Albiense medio (Salas, 1987; Querol y Solé de Porta, 1989).

(4) Formación Utrillas (Aguilar *et al.*, 1971), constituida por varios cientos de metros de arenas blancas, amarillentas o rojizas, poco cementadas y de composición arcósica, con intercalaciones de arcillas de igual coloración. La edad es Albiense superior s.l.

(5) Cretácico superior marino (Cenomaniense a Senoniense), constituido por arcillas y margas verdosas en la base, a las que siguen limos, calizas pardas, dolomías y una alternancia de calizas y margas, totalizando unos 180 a 200 m.

El desarrollo de la cuenca durante el Cretácico inferior tiene lugar en el marco de los denominados movimientos austríacos, relacionados con el desplazamiento levógiro de la Península Ibérica asociado a la apertura del Golfo de Vizcaya (Alvaro *et al.*, 1978). Estos aparecen registrados como deformaciones de componente esencialmente vertical (tectónica de bloques y erosión de las áreas levantadas), si bien han sido asimismo identificados pliegues posiblemente ligados a fallas de desgarre NW-SE (Villena, 1971). También Viillard (1985) y Querol (1990) invocan un mecanismo general de desgarre en el cual las cubetas

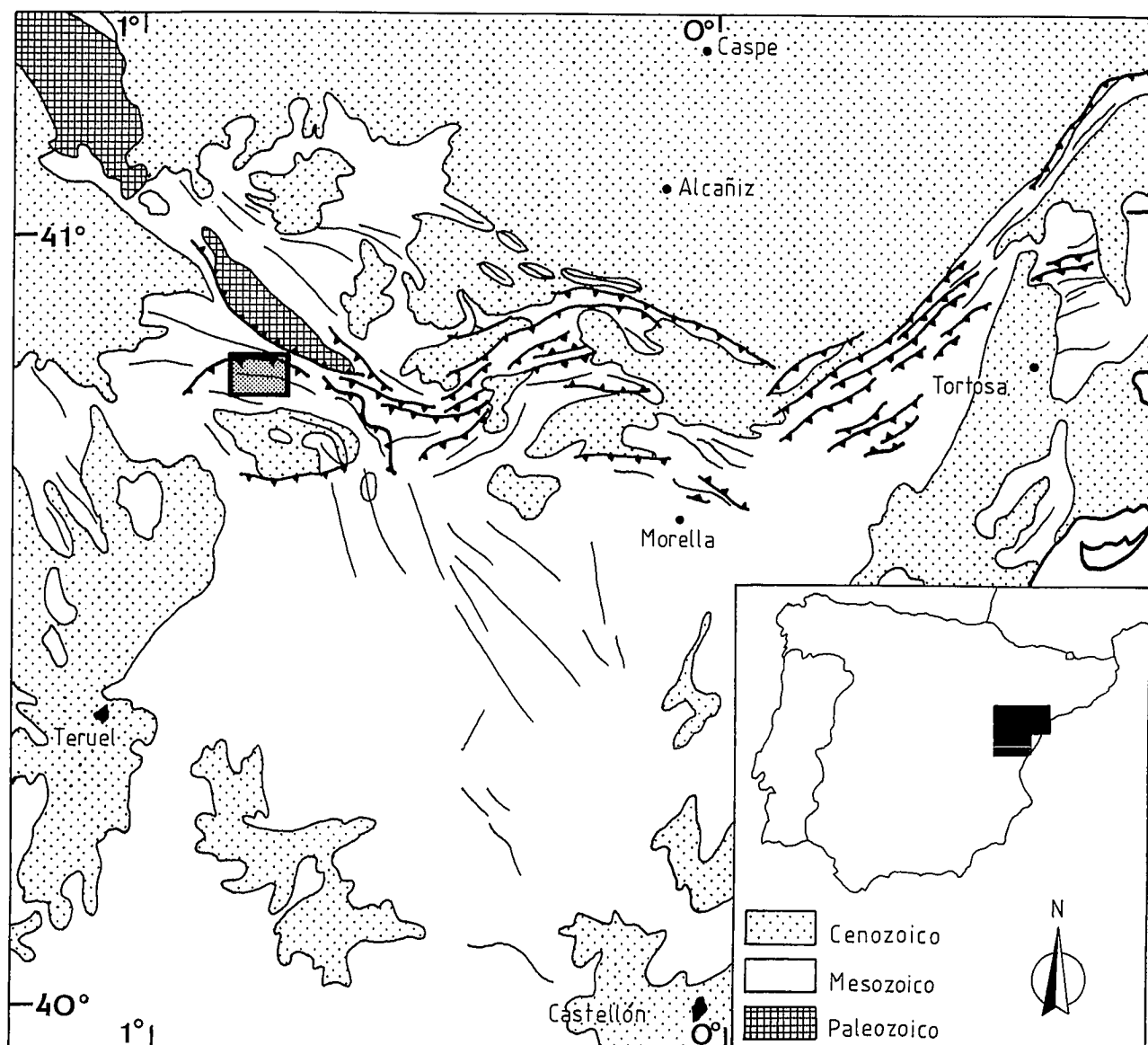


Fig. 1.—Situación del área estudiada.

subsidentes representarían cuencas de pull-apart. Sin excluir la posibilidad de deformaciones compresivas locales, Capote *et al.* (1982) señalan que el régimen tectónico dominante, interpretado a partir de estructuras frágiles en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, sería una distensión según ENE que produciría el movimiento de fallas normales de direcciones dominantes NW y NE.

En la parte nororiental de la Cordillera Ibérica, la plataforma carbonatada del Aptiense superior queda compartimentada durante los movimientos aústricos por algunas de estas fallas normales, individualizándose varias cubetas subsidentes. El carácter lítrico de las fallas puede explicar el basculamiento apreciable de algunos de los bloques y la geometría en cuña de las cubetas (Querol *et al.*, 1991). El área estudiada queda incluida dentro de la cubeta de Utrillas-Aliaga-Vilafranca, que es la que experimenta una mayor subsidencia. La distribución en ella de los espesores de la Fm. Escucha muestra un máximo de 500 m. en su depocentro, y unos límites de cuenca claramente alineados según una dirección preferente NW-

SE que refleja sin duda la orientación de las fallas que la controlan (Querol, 1990; Querol *et al.*, 1991).

Con el desarrollo del plegamiento alpino en la Cordillera Ibérica, la cuenca de Utrillas queda englobada dentro del gran conjunto estructural que constituye el arco de cabalgamientos y pliegues de Portalrubio-Vandellós (Guimerà, 1988). Dicho conjunto forma el borde NE de la Cordillera Ibérica en su contacto con la Cuenca del Ebro, y representa asimismo el enlace con las Cordilleras Catalanas. A lo largo de él se articulan sectores en los que las estructuras compresivas muestran directrices distintas. Así, junto a áreas como la de Montalbán-Ejulve o la de Andorra-Calanda, en las que pliegues y cabalgamientos presentan la dirección más común en la Cordillera Ibérica (NW-SE), se extienden otras donde dominan directrices transversales (NE en el sector de Ejulve-Las Cuevas de Cañart, E a ENE en las áreas de Utrillas y de Aliaga).

La articulación entre las estructuras de distintas orientaciones puede ser de varios tipos. Existen zonas en las que

se produce el tránsito espacial de unas a otras, sugiriendo una cierta contemporaneidad en el desarrollo de ambas (virgaciones de Ejulve y Alcorisa-Calanda). En otras zonas, por el contrario, existen estructuras de superposición de pliegues que indican la anterioridad de las estructuras de dirección ibérica (NW-SE) con respecto a las de dirección E-W o NE (Simón Gómez, 1980). En la propia área de Utrillas-Montalbán se observan estructuras de ambas direcciones y en la misma secuencia indicada. Así, el anticlinal con núcleo paleozoico de Montalbán, de dirección ibérica, se ve afectado por los cabalgamientos E-W que constituyen las estructuras dominantes al Sur de dicha localidad; Guimerà (1988) muestra cómo uno de tales cabalgamientos se superpone en el área del Puerto de las Travesas al Muschelkalk del núcleo denudado de dicho anticlinal.

Todas estas estructuras, a excepción del mencionado anticlinal con núcleo paleozoico, son estructuras de cobertura que implican un despegue de la misma sobre los niveles plásticos del Keuper y, sobre todo, del Muschelkalk medio. Toda el área estudiada forma parte de la lámina cabalgante de Montalbán, cuyo frente se sitúa inmediatamente al norte (ver figura 1); tiene, por tanto, un carácter alóctono con respecto al substrato anterior al Muschelkalk medio, con una traslación que puede ser calculada en unos 6 Km (Guimerà, 1988).

En el presente trabajo se exponen algunos resultados,

procedentes de campañas de investigación y explotación de minería de interior en la cuenca de Utrillas, que pueden contribuir a precisar aspectos de la estructura y evolución tectónica del área. Nuestros objetivos concretos consisten en: (1) la reconstrucción de la macroestructura que afecta a la Formación Escucha tomando como referencia uno de los niveles de carbón, y (2) el análisis de paleoesfuerzos a partir de datos de micro- y mesofallas, a fin de contribuir a la caracterización de los campos de esfuerzos tectónicos.

Macroestructuras

La reconstrucción macroestructural detallada de la cuenca ha podido llevarse a cabo gracias a un elevado número de observaciones directas disponibles a lo largo de los sondeos y galerías de explotación minera. A partir de éstas, y con el apoyo de datos de superficie, se ha confeccionado el mapa de isohipsas de la figura 2. En él se reconstruye la disposición estructural de la superficie de muro correspondiente a una de las capas de carbón en explotación (capa 6.^a), a partir de las cotas conocidas de la misma. La equidistancia de isohipsas es, en general, de 100 m., salvo en aquellas zonas en que el buzamiento es bajo y para las cuales un espaciado de 50 m. resulta más aconsejable.

En este mapa pueden visualizarse con facilidad los prin-

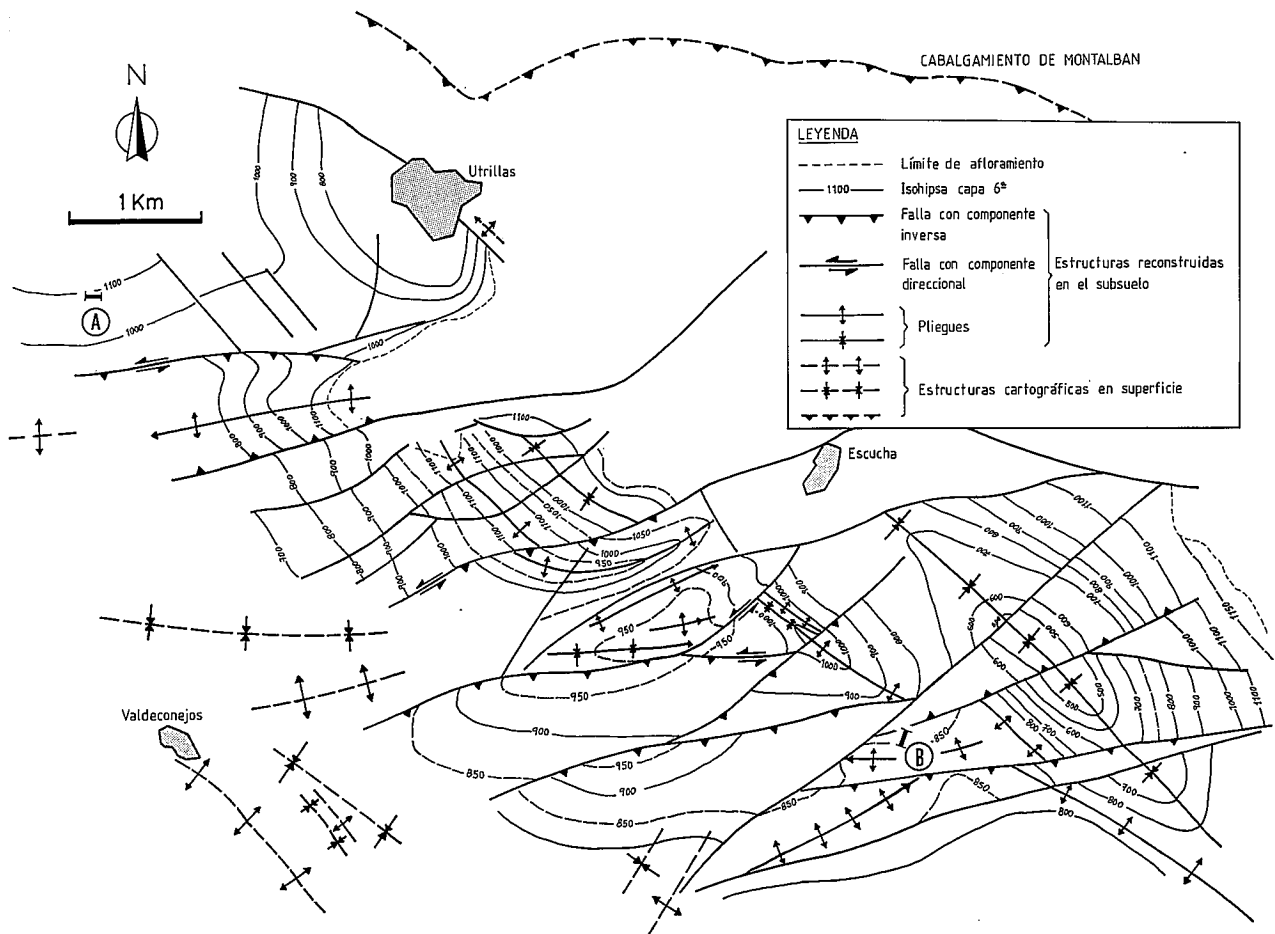


Fig. 2—Mapa de contornos estructurales de la capa 6.^a de carbón en la cuenca de Utrillas-Escucha, realizado a partir de datos de superficie y del subsuelo. A y B: situación de los cortes de la figura 4.

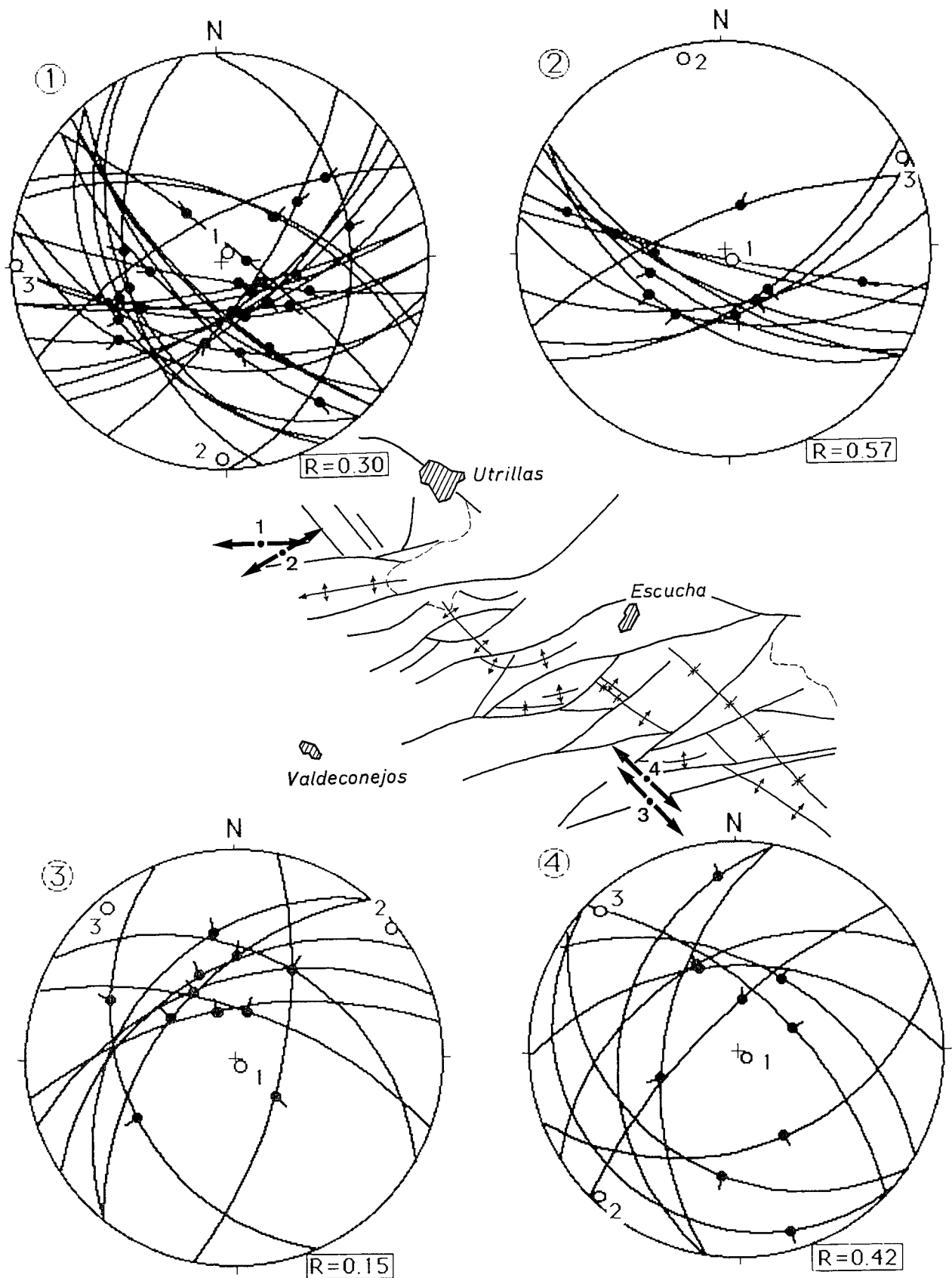


Fig. 3.—Resultados del análisis de paleoesfuerzos a partir de cuatro poblaciones de fallas medidas en galerías de explotación minera. Los estereogramas representan los planos y estrías de falla y la orientación de los ejes σ_1 , σ_2 y σ_3 de los elipsoides de esfuerzos distensivos que se infieren de ellas. $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$. En el mapa se representa la situación de las cuatro estaciones y la dirección de los respectivos ejes de máxima extensión (σ_1).

cipales pliegues que afectan a las capas de la Fm. Escucha (algunos de ellos reconocibles en superficie y otros no),

junto con una serie de fallas asociadas que aparecen cortando y desplazando con nitidez las aislíneas. Los saltos

de dichas fallas, tal como vienen reflejados en el mapa, corresponden en la mayoría de los casos a valores reales medidos con bastante exactitud en el terreno, en el contexto de los trabajos de control de explotación de las labores mineras.

Algunos de los pliegues que se reconocen tienen dirección Ibérica (traza axial NW-SE), mientras otros se orientan ENE. La mayor parte de las fallas discurren según esta última dirección, y muestran componentes fundamentalmente inversas. Tanto los pliegues como las fallas de dirección ENE cortan y deforman a los pliegues de eje NW-SE, lo que indica que éstos son anteriores. Por otra parte, el carácter inverso de las fallas es perfectamente coherente con la presencia de pliegues en la misma dirección, pudiendo por tanto interpretarse conjuntamente como estructuras compresivas desarrolladas bajo una etapa de acortamiento aproximado NNW-SSE. Hay que decir, finalmente, que en algunas de las fallas de dirección E y ENE se reconoce asimismo una componente sinistral más o menos importante; ésta podría relacionarse bien con la compresión NE-SW responsable de los pliegues ibéricos, bien con un giro de la dirección de compresión tardía hacia N o NNE (no existen datos de cronología relativa de dichos movimientos para poder establecer una hipótesis firme).

El esquema de superposición de estructuras tectónicas que se desprende de este mapa concuerda perfectamente con lo descrito anteriormente para el cuadro tectónico regional. En efecto, se observa en esta área la misma superposición de las estructuras E-W a ENE-WSW sobre las estructuras NW-SE que citábamos en otros puntos del arco

de pliegues y cabalgamientos de Portalrubio-Vandellós. La novedad que supone el mapa elaborado por nosotros reside en el origen de los datos (fundamentalmente procedentes del subsuelo) y en el carácter de aproximación independiente que le confiere la metodología empleada.

Meso- y microfallas. Análisis de paleoesfuerzos

En cuatro puntos de la cuenca, indicados en el mapa de la figura 3, se han establecido estaciones subterráneas de toma de datos para el análisis dinámico de la fracturación que afecta a las capas de la Formación Escucha a escala decimétrica a decamétrica. En cada una se han medido las orientaciones de planos y estrías de fallas detectadas en las labores mineras, bien en el frente de la galería o en los hastiales. La medición de direcciones de planos con la brújula ha revestido una especial dificultad debido a las perturbaciones del campo magnético producidas por la gran cantidad de estructuras y objetos de hierro existentes en el interior de las galerías. La dirección, previamente determinada, de estas últimas ha sido la referencia utilizada normalmente para calcular el azimut de los planos de falla.

Los métodos empleados para el análisis de las fallas han sido el de los diedros rectos (Angelier y Mechler, 1977), diagrama y-R (Simón Gómez, 1986) y método de Etchecopar (Etchecopar *et al.*, 1981). La figura 3 muestra los estereogramas de las fallas medidas en las cuatro estaciones, junto con las características del elipsoide de paleoesfuerzos inferido en cada caso (orientación de los tres ejes principales y valor de la relación de esfuerzos

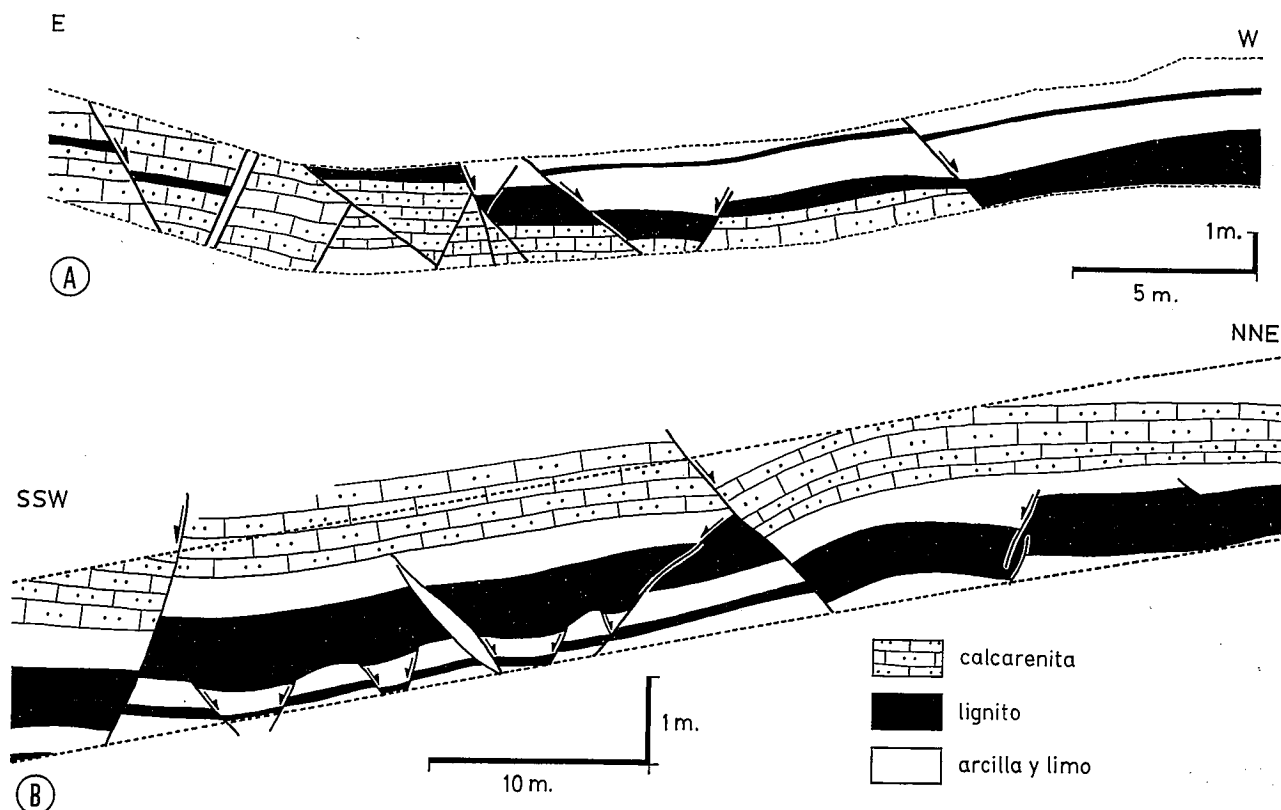


Fig. 4.—Cortes estructurales de detalle realizados a lo largo de galerías de explotación minera (ver situación en el mapa de la fig. 2). Algunas de las fallas normales que afectan a capas de carbón producen notables cambios de espesor en las mismas y/o son fosilizadas por otros niveles suprayacentes. Las líneas discontinuas representan el perfil de la galería.

$R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$). El número de datos en cada estación no es, ciertamente, muy elevado, y aun menor es el número de movimientos de falla compatibles que han servido para definir cada tensor (13, 9, 8 y 8 para las estaciones 1 a 4, respectivamente). No obstante, creemos que los resultados son suficientemente representativos para extraer de ellos algunas conclusiones interesantes. En primer lugar vemos cómo las fallas medidas son todas normales y de azimuts variados, y los tensores obtenidos de ellas representan estados distensivos (σ_1 , vertical), con orientaciones de sus ejes de esfuerzo mínimo (σ_3) tendiendo a situarse entre ENE y SE. Los valores de R claramente intermedios entre 0 y 1 indican elipsoides de distensión triaxial.

El tipo de régimen tectónico que se acaba de describir no concuerda, evidentemente, con aquél o aquéllos en que presumiblemente se desarrollaron las macroestructuras descritas en el apartado anterior. Sin embargo, no parece existir en ello contradicción alguna, dado que los pliegues y fallas inversas kilométricas se inscriben en el contexto de la tectónica compresiva terciaria, mientras que las micro- y mesofallas medidas parecen ser de edad cretácica.

En efecto, hay dos rasgos que indican el carácter sinsedimentario de estas fallas. El primero es la variación de potencia de las capas de carbón que se ve en algunos casos entre un labio y otro de las mismas. El segundo es el hecho de que, por encima de capas de carbón que se observan desplazadas varios decímetros, reposan otras no afectadas. La figura 4 muestra dos cortes de detalle realizados en sendos segmentos de galería, donde pueden apreciarse varios ejemplos de fallas normales sinsedimentarias de escala métrica a decamétrica y salto decimétrico a métrico.

En consecuencia, los estados de esfuerzo interpretados a partir de las fallas de pequeña y mediana escala medidas en el área estarían reflejando el campo tectónico actuante durante los movimientos aústricos, y se relacionarían con el propio hundimiento de la cubeta albiense de Utrillas-Aliaga en la que se acumulan los grandes espesores de Fm. Escucha. Ya hemos señalado cómo las fallas que determinan dicho hundimiento, al igual que la mayor parte de las que controlan la subsidencia de las cuencas y subcuencas del Cretácico inferior en toda la parte oriental de la Cordillera Ibérica muestran una dirección preferente NW-SE. Muy probablemente representan la reactivación de antiguos desgarres tardihercínicos (fallas de Montalbán-Oropesa y Ateca-Castellón), que ya desde finales del Jurásico venían siendo los responsables de la subsidencia y la acumulación de series de espesor kilométrico en el sector del Maestrazgo (Salas, 1987). De menor rango son otras alineaciones E-W y NE-SW que también se deducen de los mapas de isopacas de la formación (Pardo, 1979; Querol, 1990).

El posible reflejo macroestructural de esta tectónica cretácica es difícil de detectar de una forma directa, debido a su enmascaramiento por las deformaciones compresivas terciarias. No obstante, y aunque dicho aspecto exceda los objetivos de este trabajo, sí pueden señalarse algunos datos al respecto. Así, en la zona representada en la figura 2 y sus márgenes inmediatos se producen notables cambios de espesor en los niveles de carbón, probablemente controlados por fallas normales de escala kilométrica, que están siendo en la actualidad objeto de

estudio por uno de nosotros (M. A.). El propio cabalgamiento de Montalbán puede tener relación con una falla de este tipo (quizá orientada más próxima a E-W), ya que en su labio inferior el espesor de la Fm. Escucha se reduce a espesores por debajo de los 25 m (Pardo, 1979; Querol, 1990). Otro indicio de tectónica sinsedimentaria a escala macroestructural lo constituye el abanico de capas que se observa cerca de la barriada de Santa Bárbara, al sur del Cabezo de las Heras, afectando a los tramos inferiores de la formación. Aunque Aguilar *et al.* (1971) lo interpretan como producto de deformaciones de carácter compresivo, su geometría es coherente con el basculamiento causado por una falla normal lítrica que, según Querol (1990), tendría dirección N-S.

No resulta fácil, a la vista de los datos macro y microestructurales mostrados, caracterizar con precisión el campo de esfuerzos durante el Albiense. Los resultados en el conjunto de las cuatro estaciones analizadas sugieren un régimen tectónico de distensión triaxial con un eje de extensión entre ENE y SE. Sin embargo, la variabilidad en el azimut de σ_3 es alta, pudiendo deberse tanto a la imprecisión originada por la escasez de datos disponibles como a variaciones reales del campo de esfuerzos. Sólo en la estación 1 la dirección de extensión resulta aproximadamente perpendicular a las trazas de las supuestas fallas mayores; en la 2 es oblicua y en las 3 y 4, paralela. Por otra parte, las direcciones de micro- y mesofallas en cada punto son bastante variadas y, excepto en la estación 3, tampoco los ejes σ_3 locales son perpendiculares a la familia dominante. Todo ello dificulta el establecimiento de relaciones claras entre fallas mayores y menores, estados de esfuerzo locales y campo de esfuerzos regional. Probablemente la hipótesis más satisfactoria sea un campo distensivo tendente a radial ($\sigma_2 \approx \sigma_3$), donde habrían sido reactivadas como normales una gran diversidad de fallas preexistentes, donde a pequeña escala podrían generarse fallas menores sinsedimentarias de direcciones variadas, y donde las direcciones locales de extensión reflejarían perturbaciones de las trayectorias de esfuerzos más que una dirección de extensión "primaria". En regímenes de distensión próxima a radial tales perturbaciones suelen ser muy importantes (Simón *et al.*, 1988) y presentan, entre otros, dos rasgos que pueden observarse en nuestra área: (1) la reorientación de la dirección de σ_3 para hacerse paralela a la traza de las fallas mayores, que es exactamente lo que se aprecia en las estaciones 3 y 4; (2) el carácter más triaxial de los elipsoides de esfuerzo locales con respecto al campo regional.

Conclusiones

El estudio de las estructuras a escala cartográfica y a escala de afloramiento en la cuenca carbonífera cretácica de Utrillas-Escucha, a partir de la información obtenida del subsuelo, ha proporcionado resultados no concordantes entre sí y que deben ser adscritos a dos periodos de tiempo distintos dentro de la evolución tectónica del área: los movimientos del Cretácico inferior y la compresión terciaria.

Los movimientos aústricos (Cretácico inferior) han quedado registrados en el desplazamiento sinsedimentario

de una serie de fallas normales de escala métrica a decamétrica que afectan a las capas de carbón, y que han sido medidas y analizadas en un total de cuatro estaciones. El análisis de paleoesfuerzos a partir de las mismas permite caracterizar un régimen tectónico de distensión, probablemente tendente a radial, con una dirección de extensión comprendida entre ENE y SE. Este sería responsable tanto de esta fracturación a pequeña y mediana escala como del propio desarrollo y subsidencia de la cubeta durante el Aptiense-Albiense a favor de fallas normales lítricas de dirección preferente NW-SE y, en menor medida, E-W y NE-SW.

Las deformaciones compresivas que sufre dicha cubeta durante el Terciario quedan reflejadas en la macroestructura de las capas de la Formación Escucha. La reconstrucción de la misma ha permitido definir dos generaciones superpuestas de estructuras: pliegues de dirección NW-SE seguidos de pliegues y fallas de componente inversa orientados E a ENE. La secuencia que componen ambas es idéntica a la interpretada en otros puntos del sector NE de la Cordillera Ibérica (Simón Gómez, 1980), y debe ser contemplada en el contexto de la variedad de direcciones de compresión que parece registrar la Cordillera Ibérica durante la compresión alpina en virtud de su especial situación dentro de la Placa Ibérica. Los pliegues NW-SE corresponderían al sistema principal de plegamiento de la cordillera, desarrollado seguramente a lo largo de un amplio periodo de tiempo, pero con una especial intensidad en el Oligoceno. Su exponente cartográfico más importante en el área es el anticlinal de zócalo-cobertera de Montalbán. Los pliegues y fallas E a ENE representarían una etapa de plegamiento tardía que se manifiesta asimismo en otras zonas tanto al Norte (cabalgamiento de la Muela de Montalbán) como más hacia el Sur (borde meridional cabalgante de la cubeta de Cobatillas). Su edad se sitúa probablemente entre el Oligoceno final y el Mioceno inferior, llegando a afectar a la unidad tectosedimentaria T5, del Aragoniense medio (Guimerà *et al.*, 1990; Pérez, 1989; Simón y Paricio, 1988).

Los autores agradecen las facilidades y el permiso otorgados por la compañía Minas y Ferrocarriles de Utrillas, S.A. para la publicación de los datos. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la CICYT (proyecto GEO91-0934).

Bibliografía

- Aguilar, M. J.; Ramírez del Pozo, J. y Riba, O. (1971). Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares. *Estudios geol.*, 27, 497-512.
- Alvaro, M.; Capote, R. y Vegas, R. (1979). Un modelo de evolución geotectónica para la Cadena Celtibérica. *Act. Geol. Hisp. (Hom. Lluís Solé Sabarís)*, 14, 172-177.
- Angelier, J. y Mechler, P. (1977). Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. géol. France*, 19, 1309-1318.
- Canérot, J. (1974) *Recherches géologiques aux confins del chaînes Ibérique et Catalane*. Tesis doctoral, publ. ENADIMSA, 517 p.
- Capote, R.; Díaz, M.; Gabaldón, V.; Gómez, J. J.; Sánchez de la Torre, L.; Ruiz, P.; Rosell, J.; Sopeña, A., y Yébenes, A. (1982): *Evolución sedimentológica y tectónica del Ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica*. Temas Geológico - Mineros, IGME, Madrid, 290 p.
- Cervera, A.; Pardo, G. y Villena, J. (1976). Algunas precisiones litoestratigráficas sobre la Formación Lignitos de Escucha. *Tecniterrae*, 14, 25-33.
- Etchecopar, A.; Vasseur, G. y Daignières, M. (1981). An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis. *J. Struct. Geol.*, 3, 51-65.
- Guimerà, J. (1988). *Estudi estructural de l'enllaç entre la Serralada Ibérica y la Serralada Costanera Catalana*. Tesis Doctoral. Univ. de Barcelona, 600 p.
- Guimerà, J.; González, A. y Pérez, A. (1990). Evolución del cabalgamiento de la Muela de Montalbán (Cordillera Ibérica, Teruel). *Geogaceta*, 8, 47-49.
- Pardo, G. (1979). *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones detríticas del Cretácico inferior terminal en el Bajo Aragón turolense*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 473 p.
- Pérez, A. (1989). *Estratigrafía y sedimentología del Terciario del borde meridional de la Depresión del Ebro (Sector Riojano-Aragonés) y cubetas de Muniesa y Montalbán*. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza, 525 p.
- Querol, X. (1990). Distribución de materia mineral y azufre en los carbones de la Formación Escucha. *Relación con los factores geológicos, sedimentológicos y diagenéticos*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 509 p.
- Querol, X.; Salas, R.; Pardo, G. y Ardevol, L. (1991). Albanian coal-bearing deposits of Iberian Range, NE Spain. In: *Controls on the distribution and quality of Cretaceous coals* (McCabe, P. J. y Parrish, J. T., Eds.). *Geol.-Soc.-America, Spec. Publ.* (en prensa).
- Querol, X. y Solé de Porta, N. (1989). Precisiones cronoestratigráficas sobre la Fm. Escucha en el sector noroeste de la Cuenca del Maestrazgo. Cordillera Ibérica oriental. *Acta Geol. Hisp.*, 24, 73-82.
- Salas, R. (1987). *El Malm i el Cretaci inferior entre el Massís de Garraf i la Serra d'Espadà*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 345 p.
- Simón Gómez, J. L. (1980). Estructuras de superposición de plegamientos en el borde NE de la cadena Ibérica. *Acta Geol. Hisp.*, 15, 137-140.
- Simón Gómez, J. L. (1986). Analysis of a gradual change in stress regime (example from eastern Iberian Chain, Spain). *Tectonophysics*, 124, 37-53.
- Simón Gómez, J. L. y Paricio Cardona, J. (1988). Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. *Estudios geol.*, 44, 271-283.
- Simón, J. L.; Serón, F. J. y Casas, A. M. (1988). Stress deflection and fracture development in a multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. *Annales Tectonicae*, 2, 21-32.
- Viallard, P. (1985). Ibérides et Ibérie: un exemple de relations entre tectogenèse intracontinentale et tectonique des plaques. *C. R. Acad. Sc. Paris, Sér. II*, 300, 217-222.
- Villena, J. (1971). *Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 290 p.

Recibido el 13 de julio de 1992;
aceptado el manuscrito revisado el 1 de marzo de 1993