

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

NEOTECTONICA

HOJA N° 354 (27-14)

ALAGON

Autor:

Marqués Calvo, L.A. (ENADIMSA)

Julio, 1991

## **1.- METODOLOGIA**

El Mapa Neotectónico a escala 1:50.000 de la Hoja de Alagón (27-14) se ha realizado de acuerdo con la metodología establecida en el Anexo V: Neotectónica, de la Normativa para la elaboración del Mapa Geológico a escala 1:50.000 (ITGE, 1990).

La base del mapa la constituye una infraestructura geológica obtenida de los mapas geológico y geomorfológico correspondientes a la Hoja.

En esta base se diferencian los terrenos de edad pre-neotectónica de los de edad neotectónica, incluyéndose en estos últimos desde el Vallesiense (inclusive) hasta la actualidad. Entre los primeros, se distinguen los materiales yesíferos, dado que son susceptibles de originar fenómenos diapíricos y despegues. Los materiales neotectónicos se diferencian únicamente por su edad, sin considerar su morfología, génesis o composición.

Sobre esta base se reflejan con posterioridad las estructuras generadas en épocas recientes y toda información que pudiese tener relación con la neotectónica, aunque dicha relación no sea evidente.

## **2.- CONTEXTO REGIONAL Y GEODINAMICO**

Se sitúa la Hoja en la parte central de la Cuenca del Ebro, al NO de la ciudad de Zaragoza e incluyendo parte de su casco urbano en la esquina suroriental.

La Cuenca del Ebro representa la fosa de antepaís de la Cordillera pirenaica. Está constituida por depósitos terciarios de carácter marino en la base, y por sedimentos continentales encima.

Su borde septentrional aparece cabalgado por las unidades alóctonas surpirenaicas. En los bordes meridionales, Cordillera Ibérica y Catalánides, unas veces aparece el Terciario continental cabalgado, mientras que en otras se apoya discordantemente sobre el sustrato preterciario.

En la mayor parte de la cuenca, los depósitos terciarios están poco deformados y presentan una disposición subhorizontal. Unicamente presentan deformaciones importantes en algunas áreas marginales como el sector Navarro-Riojano, el borde pirenaico y la parte septentrional de la Depresión Central Catalana.

A nivel de la Hoja que nos ocupa, los materiales preneotectónicos son de edad Miocena, ocupando posiblemente el Ageniense superior y gran parte del Aragoniense. Son depósitos de tipo evaporítico, fundamentalmente yesos con intercalaciones de arcillas y halita. Sobre estos depósitos yesíferos aparece un nivel decamétrico predominantemente carbonatado.

Los materiales de edad neotectónica ocupan gran extensión, superando los 2/3 del área total. Todos ellos se han

generado en el Cuaternario en relación con la red hidrográfica y su evolución. Los tipos morfológicos son diversos, destacando los depósitos de terrazas, que por sí solos ocupan más del 50% de la extensión de la hoja. Siguen en importancia areal los depósitos de glacis, los de val, y por último conos aluviales y laderas.

### 3.- ESTRUCTURA NEOTECTONICA

Las deformaciones registradas sobre los depósitos cuaternarios apuntan la participación de procesos genéticos diversos que no siempre presentan un carácter tectónico. El análisis de las morfologías y distribuciones de las estructuras, así como la de las relaciones entre el sustrato terciario y la cobertura detritica, nos permite acercarnos al conocimiento de estos procesos, si bien quedan abiertas algunas dudas cuya resolución precisará de futuras investigaciones.

Gran número de las deformaciones observadas se encuentran directamente condicionadas por la naturaleza evaporítica del sustrato sobre el que descansan los depósitos cuaternarios. Estas deformaciones aparecen con morfologías producidas por disolución, domáticas y diapíricas.

La disolución de sales bajo las terrazas origina en estas figuras de colapso que se observan como sinclinales muy laxos, fallas y flexuras normales, discordancias internas, etc.

Estas estructuras se encuentran frecuentemente bajo tramos indeformados y separados de éstos por costras carbonatadas de gran continuidad lateral. Sobre las figuras de colapso, estas costras se engrosan presentando una convexidad hacia la parte inferior. Estos hechos indican que la deforma-

ción se produce de forma previa o sincrónica con la génesis de la costra. Dado que estas costras se forman en episodios de exposición subárea de la terraza, las formas de colapso corresponden con antiguas dolinas aluviales que son fosilizadas en etapas posteriores.

Este proceso es análogo al que se observa actualmente en ambas márgenes del río y que ocasionan grandes problemas geotécnicos, afectando a todo tipo de estructuras de ingeniería civil (SORIANO, 1986; PEREZ Y LANZAROTE, 1988).

Gran número de las deformaciones observadas se asocian a procesos diapíricos. Estas deformaciones son flexuras y fallas inversas, pliegues apretados, basculamientos, etc. SIMON y SORIANO (1985 a y b) apuntan el hecho de que el material movilizado y causante de la deformación diapírica son margas, mientras que el yeso parece comportarse de forma competente. No obstante, hemos encontrado algunos ejemplos donde el responsable de la deformación es el yeso, esto ocurre en una cantera al SO de Casetas y en el ángulo NO de la Hoja. En otros puntos parece que son realmente las margas las responsables de la deformación, aunque en gran número de los afloramientos no se observa el contacto entre los depósitos de terraza y el sustrato.

En diferentes puntos se observa la existencia de basculamientos locales de depósitos pleistocenos, e incluso holocenos en los que no se observa otra deformación, o únicamente un diaclasado. La génesis de estas estructuras es dudosa, pudiendo estar relacionada con procesos halocinéticos, con procesos de disolución, e incluso con procesos tectónicos.

Por lo que atañe a la edad de funcionamiento de los procesos diapíricos, SIMON y SORIANO (op. cit.) apuntan que el proceso queda atenuado a partir del Pleistoceno medio, dado que no encuentran deformaciones de este tipo en depósitos más modernos. No obstante, el grueso de las estructuras diapíricas por nosotros encontradas se localizan en la terraza de +30 m, de edad Pleistoceno superior. Así mismo, el diaapiro observado en el ángulo noroccidental de la Hoja afecta a un depósito de edad seguramente Holocena. Por tanto, hemos de concluir que los fenómenos diapíricos se desarrollan durante todo el Cuaternario.

Sin embargo, el proceso no se manifiesta como continuo; así, en los cortes en que se observa la terraza de +30 m completa, se comprueba que sólo aparecen afectadas las partes inferiores, estando las superiores intactas y en discordancia erosiva sobre las primeras. Se trata, por tanto, de fenómenos discontinuos en el tiempo. Situaciones similares encuentran BENITO y PEREZ (1990) en distintas terrazas del Gallego.

El carácter discreto que presentan estos procesos puede ser justificado por diferentes vías, destacando, a nuestro entender, la limitación del material responsable de la deformación, y la existencia de factores primarios que activan el diapirismo.

En ambos casos existe un factor clave, y es la casi constante implicación de materiales margosos en el fenómeno. En nuestra opinión, estos materiales representan un residuo acumulado bajo los depósitos cuaternarios por solubilización de los materiales evaporíticos que los contenían en forma de impurezas e intercalaciones. De este modo, constituyen capas relativamente delgadas que separan los depósitos evaporíticos terciarios de los detríticos cuaternarios.

Si los procesos diapíricos no están condicionados por otros que los activen, y el yeso se comporta de forma competente, el material susceptible de ser movilizado (es decir, los margas) es escaso, con lo que la deformación llega a su fin en breve espacio de tiempo.

No obstante, este desarrollo del fenómeno, difícilmente explica la existencia de estructuras con núcleo yesífero.

Por otra parte, el análisis de las deformaciones revela una cierta direccionalidad. Así, a pesar de que las orientaciones obtenidas son muy dispersas, existe cierto predominio en la vergencia de pliegues, flexuras y fallas inversas, así como de basculamientos en direcciones norteadas. Igualmente, SIMON y SORIANO (1985 a y b) y RODRIGUEZ VIDAL (1986) encuentran una orientación preferente de estructuras domáticas y diapíricas alargadas en direcciones en torno a E-O.

La existencia de estas anisotropías en la deformación parecen estar controladas por pequeños deslizamientos de los depósitos de terraza sobre los residuos margosos de su base a favor de pendientes generadas en el sustrato terciario. Este fenómeno se observa 3 Km al SE de Pinseque, donde un fragmento de terraza de forma tabular se encuentra basculado hacia el E. Dicho fragmento presenta deformaciones diapíricas únicamente en su parte inferior, en el contacto con el fondo del barranco.

La repetitividad de las deformaciones a lo largo de todo el Cuaternario hace necesaria la existencia de un proceso primario capaz de generar, de forma más o menos continua, una pendiente en el sustrato yesífero que permita el deslizamiento gravitacional de los depósitos cuaternarios.

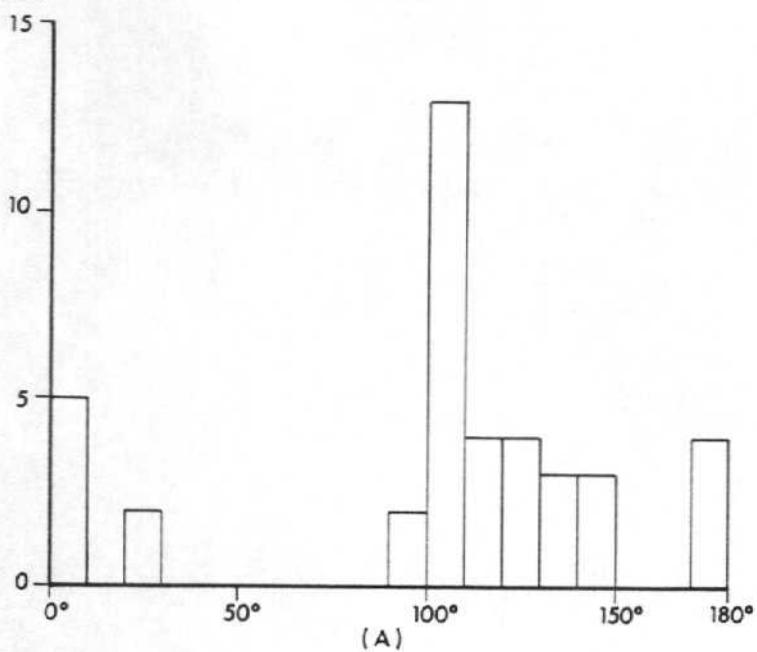
Un proceso evidentemente activo, tanto en la actualidad como durante el Cuaternario, es la disolución de yesos, que además de proporcionar un medio muy favorable para el deslizamiento, es capaz de crear por sí sólo desniveles holgados para producirlo. De este modo, el proceso diapírico se acelera o retarda de acuerdo con la funcionalidad de la karsificación. Sin embargo, esto difícilmente explica la existencia de unas direcciones preferentes de deformación, a no ser que la disolución esté a su vez controlada por redes de fracturación existentes en los depósitos miocenos o que se generan en momentos recientes.

La existencia de tales redes de fracturación afectando tanto a depósitos miocenos como cuaternarios, incluso holocenos, ha sido puesta de manifiesto por varios autores, VAN ZUIDAM (1976), SIMON y SORIANO (1975, a y b), SIMON (1989), SORIANO (1990), etc. En general, se trata de fracturas con escaso o nulo desplazamiento, raramente de orden métrico, que se asocian en sistemas ortogonales denotando un régimen de distensión tendente a radial (SIMON, 1989). Así, el desarrollo de los procesos diapíricos puede conectarse con la tectónica (o neotectónica) de la región mediante procesos de disolución a favor de discontinuidades tectónicas afectando al sustrato.

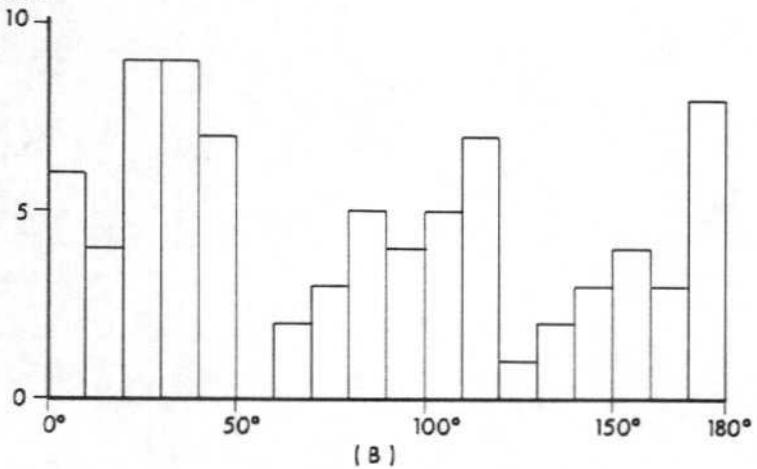
Por lo que respecta a la fracturación, nos hemos centrado en el análisis de la acaecida en tiempos más recientes, es decir, aquella que afecta a los depósitos cuaternarios.

El ejemplo más representativo se encuentra en los depósitos de terraza situados al N de Juslibol, en la esquina SE de la Hoja. En esta zona, se han detectado a partir de fotografías aéreas una serie de fracturas con orientaciones diversas (Fig. 1A). Comparando estos datos con los obtenidos

Nº FRACTURAS



Nº FRACTURAS



Nº FRACTURAS

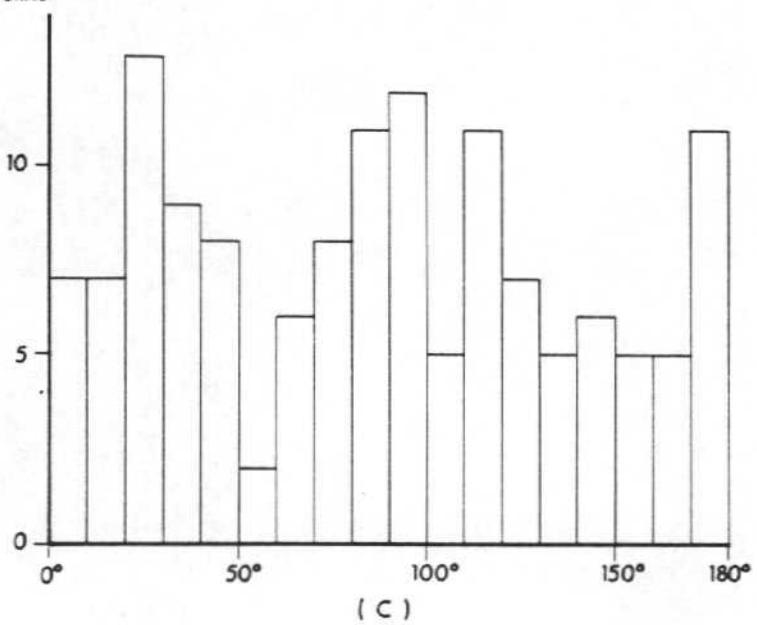


FIG. 1.-

directamente en el campo, se observa que los máximos encontrados por el primer método coinciden con otros hallados por el segundo (Fig. 1B), apareciendo aquí otros nuevos. En la figura 1C se han representado el total de medidas obtenidas en el campo incluidas las de la estación de Juslibol. Los resultados de las diferentes estaciones, excepto ésta última, se han representado en el mapa, donde puede observarse que los materiales afectados corresponden al Pleistoceno superior y holoceno.

En conjunto, se comprueba la existencia de cuatro máximos principales en direcciones N, NNE, E y ESE. Estos sistemas de fracturas pueden agruparse en dos, constituidos cada uno por dos familias ortogonales. La aparición de estas familias de diaclasas perpendiculares se explica (SIMON et al., 1988; SIMON, 1989) como consecuencia de la existencia a nivel regional de un campo de esfuerzos distensivo con carácter tendente a radial donde el eje de máxima distensión ( $\sigma_3$ ) se situaría en torno a la dirección E-O. Este régimen se instalaría en el Mioceno inferior o medio y perduraría hasta la actualidad sin grandes variaciones.

En consonancia con este régimen distensivo, se encuentran algunas fallas normales en dirección N-S que presentan saltos de orden métrico. Una de ellas aparece en la zona de Valdemoro (punto 1 del mapa) afectando a un glacis del Pleistoceno medio y con un salto mínimo de dos metros. Un poco más al Sur, junto a la Casa de la Pola, aparece otra falla que sitúa en contacto un depósito de cono de deyección holoceno con una terraza posiblemente también del holoceno o del Pleistoceno superior. En ésta, al estar implicados depósitos cuya altura relativa inicial es desconocida, no se puede cuantificar el salto con precisión, pero por la existencia de una leve inflexión en las capas del labio inferior, se infie-

re un salto mínimo de un metro. La fractura de mayores dimensiones se localiza en el Norte de la Hoja, en el Barranco de los Lecheros. Aquí, en la margen izquierda de la val, aparecen depósitos de la Unidad Carbonatada Superior, mientras que en la derecha se encuentra un glacis de edad Pleistoceno medio; sin embargo, no se ha podido observar directamente la estructura, no existiendo evidencias de que afecte al depósito cuaternario, pudiendo quedar éste limitado indirectamente por la existencia previa de la falla. En cualquier caso, dada la edad Aragoniense medio o superior de los depósitos calcáreos afectados, la estructura ha debido generarse en época neotectónica.

Por lo que respecta a las deformaciones que afectan a los depósitos terciarios, no es posible conocer el momento en que se originan, pero la mayoría, al menos las que afectan a los depósitos de la Unidad Carbonatada Superior, han debido originarse a partir del Aragoniense. Entre estas deformaciones, destaca la presencia de un basculamiento hacia el Ebro de las series del Norte de la Hoja, al tiempo que presentan formas domáticas en el área del Barranco de la Virgen.

Por último citamos la existencia de deformaciones hidroplásticas en una terraza 2 Km al SO de Grisén (punto 2 del mapa). Dichas deformaciones afectan a depósitos limo-arenosos y algunas intercalaciones de gravas. Se reconocen conductos de escape de fluidos con estructura concéntrica, figuras de extrusión de gravas y laminaciones convolucionadas.

#### **4.- ANOMALIAS GEOMORFOLOGICAS**

Destaca como anomalía geomorfológica en el área la existencia en la margen izquierda del río Ebro de un pronunciado escarpe, conocido como "Escarpe de Remolinos", que su-

pera localmente los 100 m de altura. Distintos autores (FRUTOS, 1976; IBAÑEZ y MENSUA, 1976), de acuerdo con criterios geomorfológicos, lo asocian con la existencia de una falla que lo condiciona. Sin embargo, no existen pruebas inequívocas de su existencia, y otros autores (MANDADO et al., 1984) consideran que se trata de un proceso de evolución normal del curso del río en conjunción con procesos de disolución a favor de discontinuidades preexistentes que ocasionan el desprendimiento gravitacional de grandes bloques del borde del escarpe.

Possiblemente relacionado con los procesos de evolución del escarpe, se localiza al NE de Sobradiel, en Mina Real, un basculamiento hacia el Norte que afecta a un bloque de aproximadamente un kilómetro de largo por 400 m de ancho. Esta deformación implica a un depósito de glacis del Pleistoceno medio, con lo que su desarrollo es reciente. Así mismo, se observan en el ángulo NO de la Hoja desprendimientos que afectan a materiales holocenos. Este proceso de observa que continúa activo en algunos puntos del escarpe.

Otro hecho significativo es la asimetría que presentan los depósitos de terraza del Ebro, estando muy desarrollados en la margen derecha, mientras casi inexistentes en la izquierda. Si bien se ha intentado relacionar este hecho con la neotectónica y la pretendida "falla del Ebro", no se han encontrado pruebas concluyentes a este respecto, quedando ahora sin resolver esta incógnita.

Como anomalías geomorfológicas de menor envergadura destaca la existencia de barrancos rectilíneos e inflexiones bruscas en la red de drenaje que ponen de manifiesto la existencia de un control estructural en su génesis.

## **5.- RESUMEN Y CONCLUSIONES**

Considerando como época neotectónica desde el Vallesiense (inclusive) hasta la actualidad, y teniendo en cuenta que los depósitos terciarios presentes en la Hoja pueden extenderse hasta el Aragoniense superior, puede decirse que la totalidad de las deformaciones, al menos las que afectan a la Unidad Carbonatada superior, pueden ser consideradas como neotectónicas.

Al margen de redes de diaclasas, que llegan a afectar a depósitos holocenos, la deformación más importante es un basculamiento general de la serie neógena hacia el cauce del Ebro complicado por abombamientos halocinéticos locales presentes en los alrededores del Barranco de la Virgen.

Por lo que respecta a los depósitos cuaternarios, se distinguen diferentes tipos de deformaciones que se encuadran en cuatro grupos genéticos: kársticos, diapíricos, tectónicos e hidroplásticos.

Las deformaciones kársticas se observan como estructuras sinformes, fallas y flexuras normales, discordancias internas, etc., y responden a la solubilización de materiales evaporíticos bajo los depósitos cuaternarios. En muchas ocasiones, estas morfologías se encuentran fosilizadas por depósitos posteriores. En la actualidad se reconoce su funcionalidad por la generación de dolinas aluviales (SORIANO, 1986; PEREZ y LANZAROTE, 1988).

Los fenómenos diapíricos producen estructuras más visibles, siendo frecuentes flexuras y fallas inversas, pliegues apretados, basculamientos locales, etc. El material responsable de estas deformaciones (SIMON y SORIANO, 1985 a y b) es,

en la mayoría de los casos, de carácter margoso, adoptando el yeso un comportamiento competente. Estos materiales margosos resultan de su acumulación en la interfase mioceno/cuaternario por la disolución de las evaporitas que las contenían en forma de impurezas e intercalaciones. Si bien este tipo de deformación llega a afectar a depósitos holocenos, su desarrollo se manifiesta como discontinuo. Así, la terraza de +30 m aparece deformada solamente en sus tramos inferiores, mientras las partes superiores las fosilizan, presentando escasa o nula deformación. Por otra parte, las estructuras diapíricas (SIMON y SORIANO, 1985 a y b; RODRIGUEZ VIDAL, 1986) tienden a alargarse en dirección E-O al tiempo que existe una predominancia de estructuras vergentes hacia el Norte. Estos hechos parecen indicar la existencia de un control tectónico en el desarrollo del diapiroismo de la región.

Las deformaciones de carácter tectónico quedan reducidas a diaclasas y fallas, afectando tanto a los depósitos terciarios como a los cuaternarios (VAN ZUIDAM, 1976; SIMON y SORIANO, 1985 a y b; SIMON, 1989; SORIANO, 1990). Mediciones realizadas en depósitos del Pleistoceno superior y holoceno revelan la existencia de cuatro familias de diaclasas en dirección N, NNE, E y ESE. Estas familias se agrupan en sistemas de dos familias perpendiculares entre sí, lo cual denota (SIMON et al., 1988; SIMON, 1989) la existencia de un régimen de esfuerzos a escala regional de tipo distensivo próximo a radial, situándose  $\sigma_3$  en torno a la dirección E-O. Dicho régimen se instalaría en el Mioceno inferior o medio, perdurando con pocas variaciones hasta la actualidad. En consonancia con este régimen distensivo se ha detectado la presencia de fallas normales con dirección N-S y salto de algunos metros que llegan a afectar a depósitos holocenos.

Por lo que respecta a las deformaciones hidroplásticas, sólo se ha encontrando un ejemplo en un corte de la "Acequia de Luceni" al Norte de Oitura, en el límite Este de la Hoja. Estas deformaciones afectan a materiales limo-arenosos pertenecientes a un depósito de terraza del Pleistoceno medio. Se observan conductos de escape de fluidos con estructura concéntrica, figuras de extrusión de gravas y laminaciones convolucionadas a escala decimétrica.

#### 6.- BIBLIOGRAFIA

ALBERTO, F.; GUTIERREZ, M.; IBAÑEZ, M.J.; MACHIN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVI, A. y RODRIGUEZ VIDAL, J. (1984).- El Cuaternario de la Depresión del Ebro en la región aragonesa. Cartografía y síntesis de los conocimientos existentes. Univ. de Zaragoza. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza, 217, pp. 2 mapas.

ALFARO, J.A.; CASAS, A.M. y SIMON, J.L. (1987).- Ensayo de zonación sismotectónica en la Cordillera Ibérica, Depresión del Ebro y borde sur Pirénico. Estudios Geológicos, 43, pp. 445-457.

BENITO, G. (1987).- Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro. AEQUA. VII Reunión sobre el Cuaternario, Santander, pp. 99-102.

BENITO, G. (1987).- Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro (Aragón, España). Cuaternario y Geomorfología, 1, 71-76. Zaragoza.

BENITO, G. y CASAS, A. (1987).- Small-scale deformations in quaternary deposits in the northeastern iberian Peninsula. *Géologie Méditerranéenne*, 14, 233-243.

BENITO, G. y GUTIERREZ, M. (1987).- Karst in gypsum and its environmental impact on the middle Ebro Basin (Spain). En: BECK, B.F. (Ed.). *Karst Hidrogeology. Engineering and Environmental Applications*, Balkema, 137-141.

BENITO FERNANDEZ, G. y PEREZ GONZALEZ, A. (1990).- Modelo de respuesta compleja de las terrazas del río Gallego en el tramo Zuera-Zaragoza. I Reunión Nac. de Geomorfología, 407-416, Teruel.

CASAS, A. y BENITO, G. (1988).- Deformaciones Cuaternarias debidas a procesos diapíricos en la Depresión del Ebro (prov. de Zaragoza, Navarra y la Rioja). Congreso Geológico de España, Comunicaciones, Vol. 1.

ETCHECOPAR, A.; VASSEUR, G. & DAIGNIERES, M. (1981).- "An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensons from fault population analysis. I. Struct. Geol. 3, pp. 51-65.

GUTIERREZ, M.; IBAÑEZ, M.J.; PEÑA, J.L.; RODRIGUEZ, J.; SORIANO, A. (1985).- Quelques examples de Karst sur gypse dans la dépresión de l'Ebre. *Karstologia* nº 6 - 2º Semestre 1985.

GUTIERREZ ELORZA, M. y PEÑA MONNE, J.L. (1989).- Depresión del Ebro. Mapa del Cuaternario de España. Escala 1:100.000, pp. 129-139. ITGE.

GUTIERREZ, M.; SIMON, J.L. y SORIANO, A. (1986).- Algunos aspectos de la tectónica neógena y cuaternaria en el sector

central de la Depresión del Ebro. Boletín Geológico y Minero T. XCVIII-I, pp. 9-21.

IBAÑEZ, M.J. y MENSUA, S. (1976).- Contribución al estudio de vertientes en condiciones semiáridas. Tipos de vertientes sobre yesos en el valle del Ebro. Bol. Real Soc. Geog. T. CXII, parte II.

FRUTOS, L.M. (1976).- Estudio geográfico del "Campo de Zaragoza". Tesis doctorales nº XXI. Institución Fernando el Católico, pp. 353.

I.T.G.E. (1990).- Mapa Geológico Nacional. Escala 1:50.000 (MAGNA). Modelo de Hoja. Anexo V: Neotectónica.

MANDANO, J.; RODRIGUEZ VIDAL, J.; TENA, J.M. (1984).- La disolución de rocas evaporíticas: Un importante factor geomorfológico en el Valle del Ebro. Cuadernos de investigación Geográfica. T. X., pp. 139-148.

PEGORARO, O. (1972).- Application de la microtectónique à une étude de néotectonique. Le golfe Maliaque (Grèce Centrale). Thèse III<sup>e</sup> cycle. U.S.T.L. Montpellier, 41 pp.

RIBA, O. (1983).- La Cuenca del Ebro. Evolución geológica postalpina y neotectónica. Libro Jubilar J. M<sup>a</sup> Ríos. Geología de España, T. 2, tema IV.1.3., p. 921. I.G.M.E.

RODRIGUEZ VIDAL, J. (1986).- Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). Bol. Geol. y Min. T. XCVII-1. Año 1986 (3-8).

SIMON GOMEZ, J.L. (1983).- La compresión alpina y el tránsito a la distensión en la Cadena Ibérica Oriental. Bol. Geol. y Min., XCIV-IV, pp. 281-290.

SIMON, J.L. (1989).- Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). Journal of Structural Geology, Vol. 11, nº 3, pp. 285-294.

SIMON, J.L.; SERON, F.J. y CASAS, A.M. (1988).- Stress deviation and fracture development under multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. Annales Tectonicae, 2(1), 21-32.

SIMON, J.L. y SORIANO, A. (1985, a).- Deformaciones cuaternarias en el área de Zaragoza. Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico, Vol. II, pp. 329-343.

SIMON, J.L. y SORIANO, A. (1985, b).- Diapiric deformations in the Quaternary deposits of the Central Ebro Basin, Spain. Geol. Mag. 123(1), pp. 45-57.

SIMON, J.L. y PARICIO, J. (1988).- Sobre la compresión alpina en la Cordillera Ibérica (algunas precisiones a propósito de los comentarios de J. GUIMERÀ al trabajo "Aportaciones al conocimiento de la compresión tardía en la Cordillera Ibérica Centro-oriental: la Cuenca neógena inferior de Mijares. Teruel-Castellón"). Estudios Geol. 44, pp. 271-283.

SOLE SABARIS, L. (1952).- Terrazas cuaternarias deformadas de la Cuenca del Ebro. Mem. R. Acad. Ciencias y Artes. Barcelona (3º), 31(7), pp. 239-259.

SORIANO, A. (1986).- Dolinas de disolución normal y dolinas aluviales en el sector Centro-Meridional de la Depresión del Ebro. Bol. Geol. y Min. T. XCVII-III, pp. 328-337.

SORIANO, M.A. (1988).- Dolinas aluviales y su impacto ambiental en las proximidades de Zaragoza. II Congr. Geol. de España, Granada. Comunicaciones, Vol. 2, pp. 495-498.

SORIANO, A. (1990).- Geomorfología del sector Centromeridional de la Depresión del Ebro. Tesis Doctoral. Institución Fernando el Católico. Zaragoza.

ZUIDAM VAN, R.A. (1976).- Geomorphological development of the Zaragoza region, Spain. Processes and landforms related to climatic changes in a large Mediterranean river basin. Int. Inst. for Areal survey and Earth Sciences (I.T.C.), 221 pp. Enschede.