

MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Escala 1:50.000

DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

NEOTECTÓNICA

HOJA N° 353 (27-15)

ZARAGOZA

Autor:

Marqués Calvo, L.A. (ENADIMSA)

Julio, 1992

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
1.- <u>METODOLOGÍA</u>	1
2.- <u>CONTEXTO REGIONAL Y GEODINÁMICO</u>	2
3.- <u>ESTRUCTURA NEOTECTÓNICA</u>	4
4.- <u>ANOMALÍAS GEOMORFOLÓGICAS</u>	13
5.- <u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u>	14
6.- <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	16

1.- METODOLOGÍA

El Mapa Neotectónico a escala 1:50.000 de la Hoja de Zaragoza (27-15) 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 GEODINÁMICO

Se sitúa la Hoja en la parte central de la Cuenca del Ebro, que representa la fosa de antepaís de la Cordillera pirenaica, cuyo relleno está constituido por depósitos terciarios de carácter marino en la base, y por sedimentos continentales hacia el techo.

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. Únicamente 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 dudosamente el Ageniense superior y más ciertamente, desde el Aragoniense hasta el Vallesiense. Son depósitos de tipo evaporítico, alternantes con tramos terrígeno-carbonatados. Sobre estos depósitos yesíferos aparece un nivel decamétrico predominantemente carbonatado.

Los materiales de edad neotectónica ocupan gran extensión. 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 y glacis.

3.- ESTRUCTURA NEOTECTÓNICA

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 detrítica, 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., 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 que afectan a terrenos aluviales (SORIANO, 1986; PÉREZ y LANZAROTE, 1988) evidentes en las terrazas de 30 y 55 m. Ejemplos amplios se dan en los campos de dolinas en los depósitos de terraza próximos a Zaragoza y

puntuales en la Torrero (km 113 de la N 330) y Exconvento de Santa Fe, donde la deformación de sus muros indica que el proceso sigue vigente.

Regionalmente se ha podido observar que 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 deformación se produce de forma previa o sincrónica con la génesis de las costra. Dado que estas costras se forman en episodios de exposición subaérea 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 Ebro y que ocasionan grandes problemas geotécnicos, afectando a todo tipo de estructuras de ingeniería civil (SORIANO, 1986; PÉREZ y LANZAROTE, 1988).

Los fenómenos diapíricos también producen gran número de estructuras, siendo frecuente flexuras y fallas inversas, pliegues apretados, basculamientos locales, etc. El material responsable de estas deformaciones (SIMÓN 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.

A esta génesis diapírica se atribuye una estructura completa de tipo domático, con fallas normales y desplazamientos de centímetros a decimétricos, visible en la ladera occi-

dental del valle del Huerva, a la altura del km 112. También existen otras de carácter más puntual que se manifiestan por fallas inversas y pliegues apretados (cantera de Torrero y ladera de la Muela).

Por lo que atañe a la edad de funcionamiento de los procesos diapíricos, SIMÓN 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, regionalmente, el grueso de las estructuras diapíricas por nosotros encontradas se localizan en el Pleistoceno superior e incluso aisladamente en el Holoceno. Por tanto se ha de concluir que los fenómenos diafíricos se desarrollan durante todo el Cuaternario, si bien de una forma discontinua y discreta.

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 diafíricos no están condicionados por otros que los activen, y el yeso se comporta de forma competente, el material susceptible de ser movilizado (las 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, SIMÓN y SORIANO (1985 a y b) y RODRÍGUEZ 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 cuaternarios sobre los residuos margosos de su base a favor de pendientes generadas en el sustrato terciario.

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 todo 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 karstificación. 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), SIMÓN y SORIANO (1975, a y b), SIMÓN (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 (SIMÓN, 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 las mediciones realizadas regionalmente, tanto en materiales terciarios como en cuaternarios, se comprueba la existencia de cuatro máximos principales en direcciones ESE, NNO, NNE y NE por orden de importancia. 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 (SIMÓN et al., 1988; SIMÓN, 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 (σ_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.

Referente a las fracturas y fallas de los depósitos aragoniense-vallesienses presentes en la Hoja, se observan especialmente en los escarpes de La Muela, fracturas y fallas

normales de orden métrico asociadas a los pliegues de dirección ibérica y, también en su parte norte, series de micro fallas reveladoras de un régimen de distensión radial que ha prevalecido durante el Neógeno terminal y Cuaternario, alcanzando posiblemente el Holoceno (GUTIÉRREZ et al., 1986). Los tensores de esfuerzos obtenidos por los métodos de los diedros rectos, de los diagramas Y/R y Etchecopar, se muestran en las Figs. 3.A., 3.B. y 3.C. respectivamente.

En lo concerniente a los materiales del Cuaternario, se han observado en una antigua cantera en el barrio de Valdefierro fallas normales de dirección E-O con desplazamientos decimétricos; el diaclasado en general es escaso (exceptuando el de clara génesis halocinética) y su orientación muy variable, aunque existe predominio de las direcciones próximas a E-O y N-S.

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.

Los más notorios, por su magnitud, son los de génesis tectónica de la Meseta de La Muela y la Plana de Zaragoza con hundimientos generalizados del Neógeno hacia el NO. Por afectar a los materiales carbonatados de Las Muelas, esta deformación se debe datar como post-Vallesiense y probablemente este basculamiento esté ligado a la conformación de un amplio anticlinal cuya orientación, próxima a la Ibérica, es difícil precisar, debido a su laxitud y también con otros pliegues de dirección semejante y escala decamétrica.

METODO DE LOS DIEDROS RECTOS
ESTACION : La Muela

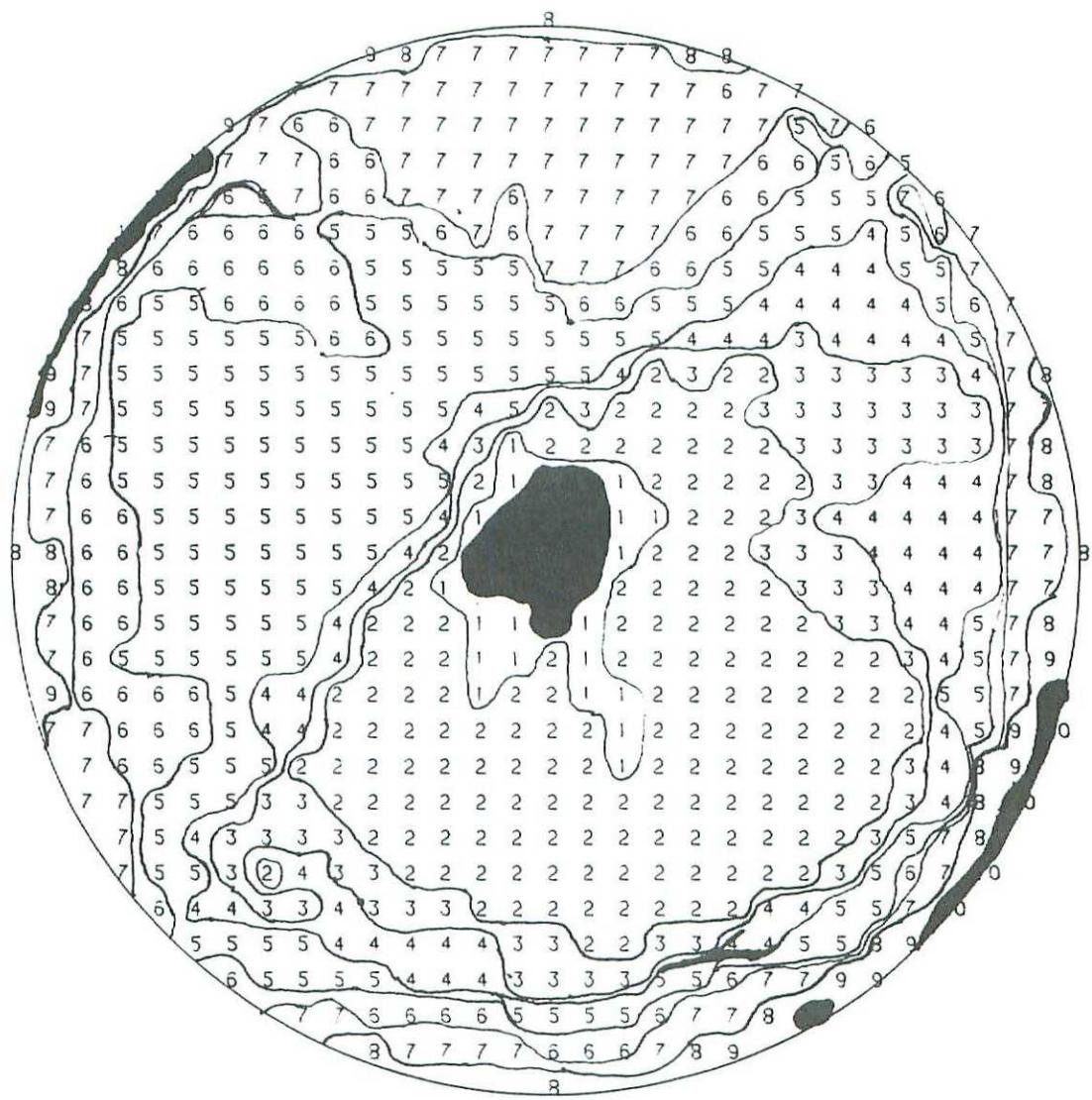


Fig. 3.A.

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: LaMuela / SIN ABATIR

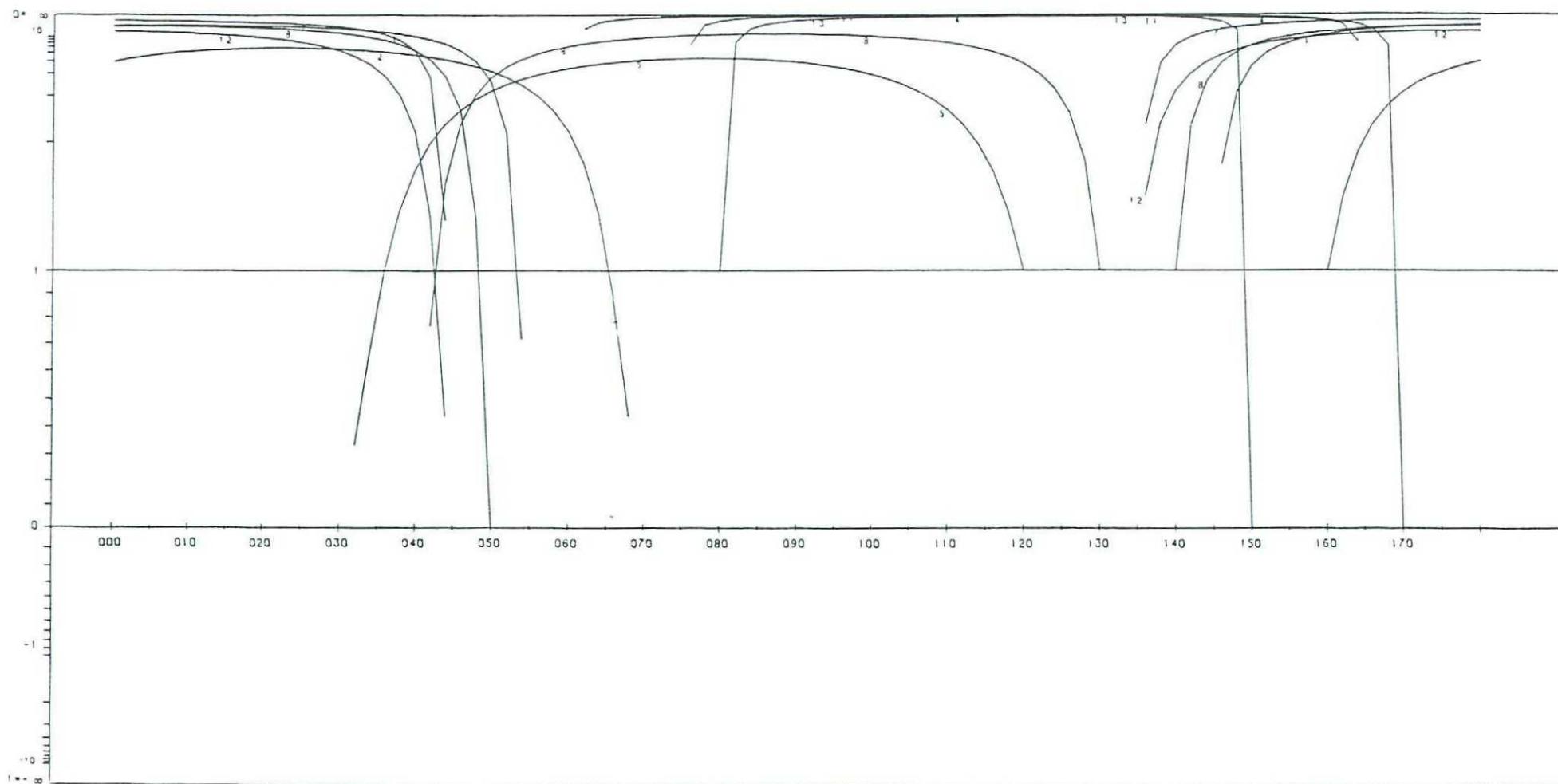
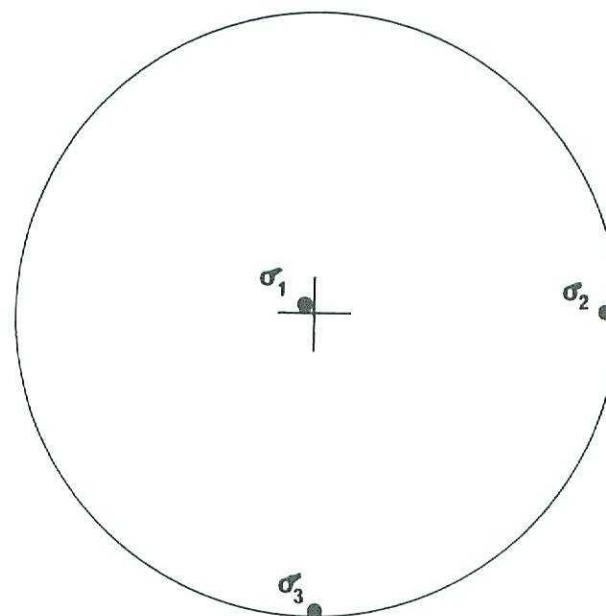


Fig. 3.B.

METODO DE ETCHECOPAR

ESTACION: LaMuela



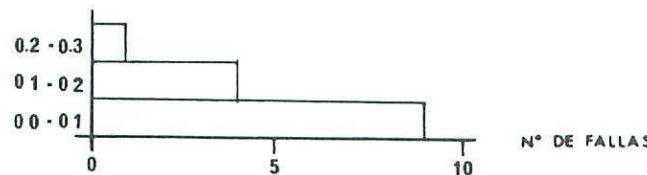
$\sigma_1 : 121, 87 \circ$

$\sigma_2 : 179, 01 \circ$

$\sigma_3 : 089, 02 \circ$

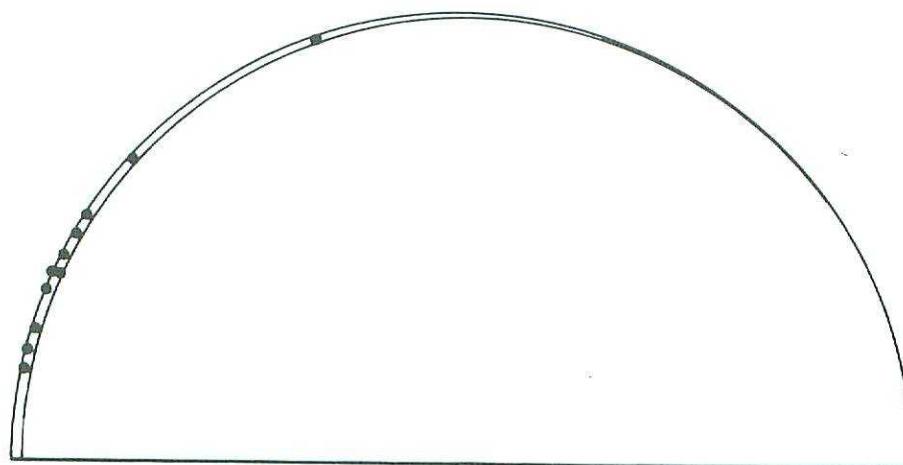
Proyección de los ejes principales de esfuerzo

DESVIACIÓN ANGULAR
(RADIANES)



Desviación media ($^{\circ}$) : 6.8

Histograma de desviación estría teórica / estría real



$R_{et} = 0.01$

Distribución de los planos de falla en el círculo de Mohr

FIG. 3C

Por lo que respecta a los materiales cuaternarios, los basculamientos son de menor entidad y la mayoría de ellos deben estar ligados más bien a procesos halocinéticos o de colapso, que neotectónicos. Un caso de este tipo se da en un pequeño depósito de la terraza, de los 95-100 m al NO del km 8 de la Ctra. 330, con basculamiento hacia el río Huerva.

4.- ANOMALÍAS GEOMORFOLÓGICAS

La geomorfología evidencia tendencias y anomalías a través del estudio de los depósitos y procesos recientes; así un barranco rectilíneo muy incidido que separa depósitos del mismo glacis, con una menor cota en la margen oeste, pondría de manifiesto una falla coincidente en dirección y localización con un lineamiento visible en las imágenes LANDSAT. - Igualmente ocurriría con barrancos oblicuos y transversales a la pendiente general del terreno (glacis, unos 800 m al N del km 311 de la N-II) que marcan las direcciones dominantes de fracturación.

Es de destacar también la presencia de una red de valles paralelas entre sí y perpendiculares al río Huerva por su margen izquierda, que evidencian una fracturación acorde con las directrices ibéricas, mientras que en su margen derecha tiene lugar un franco proceso denudativo; ello revela una asimetría en comportamiento de movimientos relativos de las dos vertientes, imputable a un probable accidente a lo largo del actual valle.

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 los cauces del Ebro y Jalón complicado por probables abombamientos halocinéticos.

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; PÉREZ 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 (SIMÓN 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. Por otra parte, las estructuras diapíricas (SIMÓN y SORIANO, 1985 a y b; RODRÍGUEZ 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 diapirismo 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; SIMÓN y SORIANO, 1985 a y b; SIMÓN, 1989; SORIANO, 1990). Mediciones realizadas regionalmente en depósitos del Pleistoceno superior y Holoceno revelan la existencia de cuatro familias de diaclasas en dirección ESE, NNO, NNE y NE. Estas familias se agrupan en sistemas de dos familias perpendiculares entre sí, lo cual denota (SIMÓN et al., 1988; SIMÓN, 1989) la existencia de un régimen de esfuerzos a escala regional de tipo distensivo próximo a radial, situándose σ_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.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; MACHÍN, J.; PEÑA, J.L.; POCOVÍ, A. y RODRÍGUEZ 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 SIMÓN, J.L. (1987).- Ensayo de zonación sismotectónica en la Cordillera Ibérica, Depresión del Ebro y borde sur Pirenaico. *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 GUTIÉRREZ, 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 FERNÁNDEZ, G. y PÉREZ GONZÁLEZ, 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 tensors from fault population analysis. I. Struct. Geol. 3, pp. 51-65.
- GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.J.; PEÑA, J.L.; RODRÍGUEZ, J.; SORIANO, A. (1985).- Quelques examples de Karst sur gypse dans la dépresión de l'Ebre. *Karstologia* nº 6 - 2º Semestre 1985.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. y PEÑA MONNE, J.L. (1989).- Depresión del Ebro. Mapa del Cuaternario de España. Escala 1:100.000, pp. 129-139. ITGE.
- GUTIÉRREZ, M.; SIMÓN, 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.

- IBÁÑEZ, 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.; RODRÍGUEZ 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^eme cycle. U.S.T.L. Montpellier, 41 pp.
- RIBA, O. (1983).- La Cuenca del Ebro. Evolución geológica postalpina y neotectónica. Libro Jubilar J. M^a Ríos. Geología de España, T. 2, tema IV.1.3., p. 921. I.G.M.E.
- RODRÍGUEZ VIDAL, J. (1986).- Deformaciones recientes en los depósitos cuaternarios de la Puebla de Alfindén (Zaragoza). Bol. Geol. y Min. T. XCIV-1. Año 1986 (3-8).
- SIMÓN GÓMEZ, 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.

- SIMÓN, 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.
- SIMÓN, J.L.; SERÓN, 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.
- SIMÓN, 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.
- SIMÓN, 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.
- SIMÓN, J.L. y PARICIO, J. (1988).- Sobre la compresión alpina en la Cordillera Ibérica (algunas precisiones a propósito de los comentarios de J. GUIMERA 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.
- SOLÉ 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 Centromericional 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. Ensdréde.