

La Sierra Alhamilla (Béticas orientales), una ventana extensional abierta en el basamento de la cuenca Miocena de Alborán.

The Sierra Alhamilla (Eastern Betics), an extensional tectonic window opened in the basement of the Miocene Alboran basin.

J. M. Martínez Martínez

Dpto. Geodinámica e IACT, CSIC-Universidad. 18071 Granada.

ABSTRACT

The Alpujarride/Nevalo-Filabride boundary exposed in the Sierra Alhamilla is a detachment fault belonging to the Filabres Extensional System (FES), a pronouncedly asymmetric system with a west-southwestward transport direction. It was active during the Serravallian and folded during the Upper Tortonian-Messinian times. The FES geometry suggests a complex extensional history with more than one episode of normal faulting. There are listric fans coalescing to a floor fault at shallow levels and extensional duplexes at the deeper ones. The duplexes formed by migrating footwall faults, horses being bounded by out-of-sequence faults and inactive tilted faults belonging to the overlying listric fans.

Key words: *detachment fault, listric fan, extensional duplex, Sierra Alhamilla, Alboran Basin.*

*Geogaceta, 17 (1995), 128-130
ISSN:0213683X*

Introducción

Desde que en la mitad de la década de los ochenta se demostró la existencia en las Béticas de grandes fallas normales de bajo ángulo y contactos mayores, como por ejemplo el límite entre Alpujarrides y Nevado-Filábrides, tradicionalmente considerados como contractivos, fueron reinterpretados como extensionales (Aldaya *et al.*, 1984; García-Dueñas *et al.*, 1986; Balanyá y García-Dueñas, 1986), el inventario de este tipo de estructuras se ha ido incrementando debido esencialmente a que el esfuerzo de muchos investigadores se ha focalizado sobre este tipo de problemas (García-Dueñas y Martínez-Martínez, 1988; Galindo-Zaldívar *et al.*, 1989; García-Dueñas *et al.*, 1992; Crespo-Blanc *et al.*, 1994). El resultado ha sido la generalización regional de los accidentes extensionales y un conocimiento aceptable de la tectónica extensional que durante el Mioceno adelgaza la pila de mantos que integran el Dominio de Alborán, adelgazamiento que en nuestra opinión (García-Dueñas *et al.*, 1992) tiene lugar desde el Aquitaniense hasta el Tortonense a lo largo de sistemas extensionales progresivamente más profundos.

La tectónica extensional no subvierte el orden de superposición de los mantos en la pila previa, pero sí produce considerables omisiones en la secuencias tectonoestratigráficas de manera que, en ciertas transver-

sales, algunas unidades de la pila pueden faltar. Este es el caso de la Sierra Alhamilla, al NW de Almería (Fig. 1), donde entre Nevado-Filábrides y Alpujarrides faltan al menos dos unidades de este último complejo lo que equivale a una omisión mínima de 5 Km (Azañón *et al.*, 1994). Este hecho tan significativo no ha sido tenido en cuenta sin embargo en los numerosos estudios de detalle sobre esta sierra (por ej. Konert y Van den Eeckhout, 1983; Platt *et al.*, 1983; Platt y Behrmann, 1986) cuya estructura analizan desde el punto de vista de la tectónica de mantos durante la formación del orógeno Bético. Las únicas estructuras extensionales que se reconocen en estos trabajos son fallas normales de alto ángulo que afectan a los sedimentos neógenos y alguna alusión a hipotéticas fallas normales dúctiles que adelgazarían la secuencia Alpujarride previamente al empilamiento de los mantos (Platt, 1982), pero en ningún caso se muestra la existencia de una tectónica extensional de gran escala con despegues y fallas normales de bajo ángulo. Accidentes extensionales de este tipo, sin embargo, son tan importantes y penetrativos en la región que su estructura es incomprensible si en su análisis no son tomados en consideración.

En esta nota se muestra la geometría de los sistemas extensionales que adelgazan a los Nevado-Filábrides y Alpujarrides y que configuran la estructura de Sierra Alhamilla durante el Mioceno Medio, hecho que

ocurre en la parte interna del Arco de Gibraltar a la par que se produce la migración hacia el W del frente montañoso del Cabalgamiento de Gibraltar (García-Dueñas *et al.*, 1992).

Encuadre geológico

La actual fisonomía de las Béticas, caracterizada por sierras y depresiones alargadas en la dirección E-W, está controlada por estructuras desarrolladas en un episodio contractivo durante el Tortonense Sup.- Mesiniense que produce una serie de anticlinales (sierras) con sus flancos N generalmente verticales o invertidos y sinclinales (depresiones) de gran radio. A causa de estos pliegues se encuentra ahora emergido en parte el basamento de la cuenca miocena de Alborán, el Dominio de Alborán, que podemos observar en los núcleos de los anticlinales por erosión de la cobertera sedimentaria neógena, que se conserva en algunos sinclinales (García-Dueñas *et al.*, 1992).

La Sierra Alhamilla se corresponde con uno de estos anticlinales con pendiente axial hacia el W (Platt *et al.*, 1983; Weijermars *et al.*, 1985). Forma una ventana tectónica en la que los Alpujarrides cubren y rodean a los Nevado-Filábrides. Los sedimentos neógenos (Burdigaliense Sup - Tortonense) reposan en discordancia sobre los complejos metamórficos y

rodean completamente a la sierra por el W marcando los estratos el cierre perianticinal. Los sedimentos Mesinienses descansan en discordancia angular sobre los Tortonenses plegados, aunque localmente se observa que esta discordancia es progresiva (Ott d'Estevou, 1980). La tectónica contractiva debió proseguir durante el periodo Mesiniense-Plioceno con el desarrollo de fallas transcurrentes sinistrorsas que cortan y desplazan las charnelas de los citados pliegues, como la falla de Carboneras (N50E) y la falla de Palomares (N10E) (Weijermars, 1987). Sierra Alhamilla se sitúa en el bloque occidental de esta falla y en ella se desarrollan fallas menores de régimen y orientación comparables y otras dextrorsas de dirección N120-140E. Finalmente las estructuras más recientes que se reconocen en la región son fallas normales de alto ángulo (N150E) que cortan a las fallas transcurrentes y localmente basculan a los sedimentos pliocenos (Fig. 1).

El contacto entre Alpujarrides y Nevado-Filábrides es descrito por Platt y Behrmann (1986) como una zona de deformación dúctil, milonitas y cataclasitas, la "Betic Movement Zone", que tendría el carácter de sutura entre dos bloques continentales colisionantes. Sin embargo se puede demostrar la naturaleza frágil y sus-tractiva de dicho contacto a lo largo de todo su trazado (García-Dueñas *et al.*, 1986).

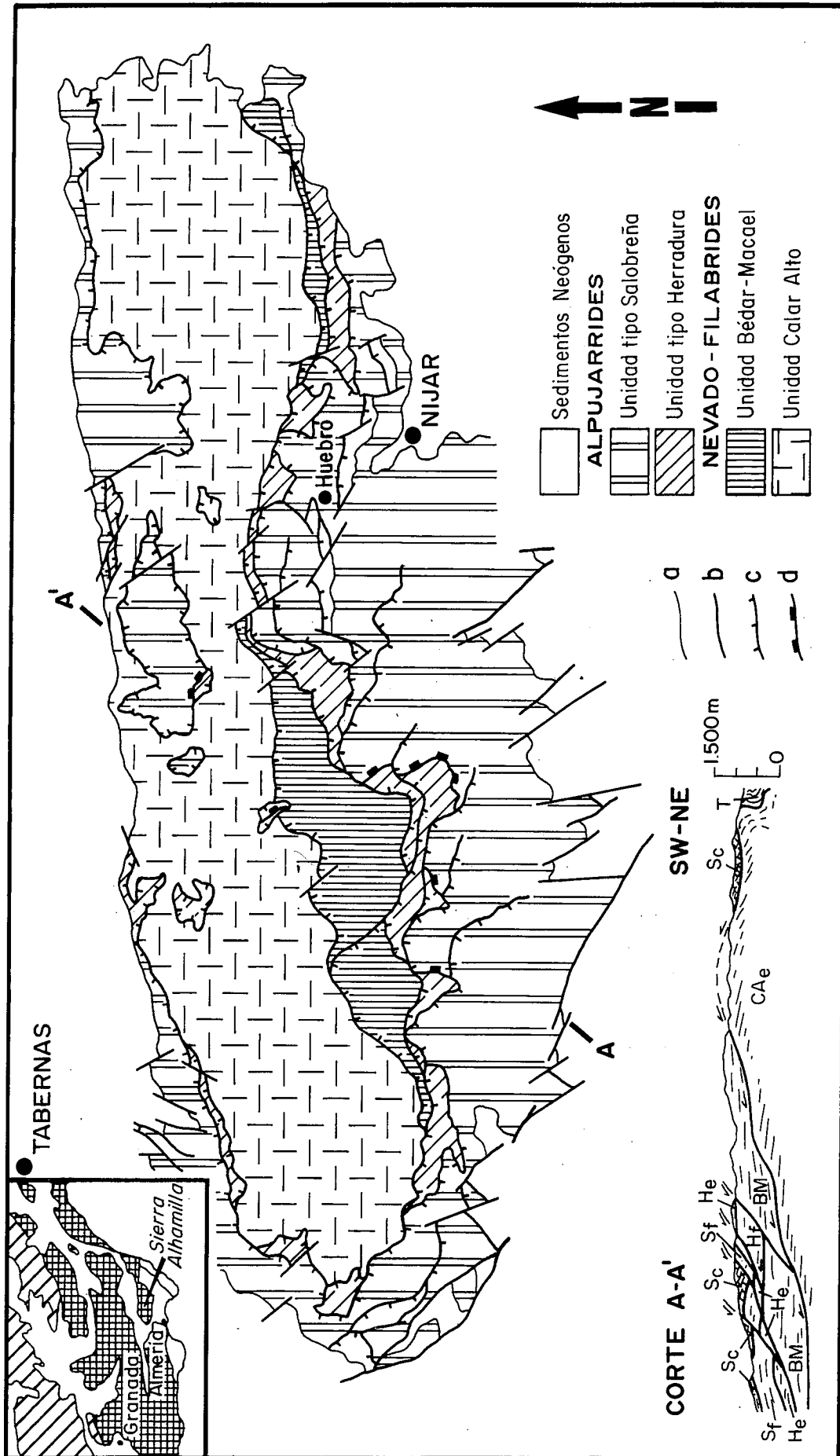


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado de Sierra Alhamilla. Contactos: a, discordancia; b, fallas Pliocenas; c, fallas Pliocenas; d, FNBA Burdigaliense Sup-Langhienses. En la sección estructural: T, sedimentos Tortonienses; S, unidad de Salobreña; H, unidad de Herradura; BM, Bedar-Macael unit; CA, Calar Alto unit; c, carbonates; f, filitas; e, esquistos grafitosos.

Fig. 1.- Simplified geological map of the Sierra Alhamilla. Contacts: a, unconformity; b, Pliocene faults; c, Pliocene faults; d, Upper Burdigalian-Langhian LANF. In the structural section: T, Tortonian sediments; S, Salobreña unit; H, Herradura unit; BM, Bedar-Macael unit; CA, Calar Alto unit; c, carbonate rocks; f, phyllites; e, graphite schists.

Lo que aflora en Sierra Alhamilla es un segmento de un despegue extensional de gran escala, el Despegue Extensional de Filabres (DEF) (García-Dueñas y Martínez-Martínez, 1988) con el que se asocian sistemas de fallas listricas, cuya geometría y cinemática se observa bien en esta región.

El Sistema Extensional de Filabres en Sierra Alhamilla

El análisis detallado de los contactos entre las diferentes unidades tectónicas que afloran en Sierra Alhamilla ha revelado su naturaleza frágil. El carácter sustractivo generalizado junto a la geometría descendente según el sentido de movimiento deducido para los respectivos bloques de techo a partir de diversos indicadores cinemáticos demuestra su naturaleza extensional. Las unidades, aunque anteriormente fueron mantos de corrimiento, se encuentran actualmente adelgazadas y limitadas por fallas normales de bajo ángulo. Son fragmentos de mantos a los que nos deberíamos referir con el término de unidades alóctonas extensionales (UAE), usado por Wernicke (1984) en los "core-complexes" americanos.

La mayoría de las fallas analizadas, cuyos bloques de techo se han movido hacia el WSW, pertenecen al Sistema Extensional de Filabres (SEF) (García-Dueñas *et al.*, 1992), aunque localmente aparecen otras con estrías de dirección N160E y sentido de movimiento hacia el NNW, que son basculadas por las primeras y cuya geometría y cinemática es comparable a la del Sistema Extensional de Contraviesa descrito por Crespo-Blanc *et al.*, (1994) más al W y que ha funcionado durante el Burdigaliense Sup. - Langhiense (García-Dueñas *et al.*, 1992) (Fig. 1). La geometría de las UAE, que se acunán tanto hacia el E y el W como hacia el N, es el resultado de la interferencia de dos sistemas extensionales con direcciones de extensión casi ortogonales, aunque en la región destaca más la influencia del SEF, como se puede observar en el corte A-A' (Fig. 1), una sección casi paralela a la dirección de extensión de este último sistema.

La sección nos muestra en su parte superior un abanico listrico cuyas fallas se asocian en el DEF y que afecta esencialmente a las unidades Alpujarrides, provocando llamativos basculamientos en la foliación y estratificación, que buzcan hacia el NE y ENE, incluso en el flanco Sur del anticlinal de la Sierra. Los "riders" (en el sentido de Gibbs, 1984) están constituidos generalmente por dos unidades Alpujarrides adelgazadas, la inferior, con la sucesión invertida, que por sus características metamórficas puede correlacionarse con unidades de tipo Herradura y la superior, que muestra la sucesión normal y que puede correlacionarse con unidades de tipo Salobreña (Azañón *et al.*, 1994). Ambas unidades están separadas por fallas normales de bajo ángulo que, aunque muy modificadas por el SEF, ocasionalmente muestran estrías de dirección N160E. En algunos de los "riders", sobre la formación carbonatada de la unidad superior reposan en discordancia conglomerados, calcilitas y turbiditas de edad Serravaliense (Serrano, 1990) que se encuentran basculados por las fallas del abanico listrico. Esto se puede observar en la semifosa de Huebro (Fig. 1). Los sedimentos del Tortoniense Inf., que rodean a la Sierra Alhamilla, se depositan en discordancia sobre los del Serravaliense y fosilizan a las fallas, lo que permite suponer que el SEF ha funcionado durante el Serravaliense.

Más abajo en la sección se observa un duplex extensional que se ha formado por migración del DEF hacia el interior del bloque de muro (en los Nevado-Filábrides) y la consiguiente aparición de fallas fuera de secuencia que basculan el contacto entre Alpujarrides y Nevado-Filábrides. El nuevo despegue se sitúa entre los esquistos grafitosos de la unidad de Calar Alto y los esquistos, gneises y mármoles de la unidad Bédar-Macael. Este despegue, el más profundo que aflora en la región, aunque con rampas y rellanos de menor escala, tiene una geometría general de rampa de muro. Este hecho, junto con la existencia de otras fallas comparables por debajo, permite suponer que no es un despegue basal absoluto sino que debe de existir otro más profundo en una posición no aflorante.

Conclusiones

Dada la proximidad del Mar de Alborán, es fácil imaginar la continuidad entre los sedimentos neógenos depositados en esta cuenca y los que rodean a Sierra Alhamilla, de manera que la erosión de estos en el anticlinal formado durante el Tortoniense Sup.-Mesiniense, nos permite ver directamente el basamento de la Cuenca Miocena de Alborán.

La estructuración de dicho basamento, en esta Sierra, resulta esencialmente de la interferencia de dos sistemas extensionales cuyas direcciones de extensión son, respectivamente, SSE-NNW y ENE-WSW. La geometría resultante, descrita sucintamente en esta nota, dista mucho de ser la establecida por autores previos (Platt, 1982; Konert y Van den Eeckhout, 1983; Platt *et al.*, 1983).

En la región estudiada aflora un segmento del SEF; la geometría del mismo, marcadamente asimétrica, con predominancia casi absoluta de fallas buzantes al WSW, puede considerarse representativa del sistema a mayor escala (García-Dueñas y Martínez-Martínez, 1988). Este carácter asimétrico se observa incluso en despegues comparables, expuestos en el otro margen del actual Mar de Alborán (García Dueñas *et al.*, este volumen). Por otra parte, la morfología de rampa de muro del DEF, así como la existencia de fallas compatibles con el sistema por debajo de este despegue, sugiere la existencia de despegues más profundos no aflorantes. Como tal se interpreta un reflector situado a 10 Km de profundidad que aparece en perfiles sísmicos a través de la Sierra Alhamilla (Banda *et al.*, 1993).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto de investigación de la DGICYT nº PB92-0020-C02-01.

Referencias

Aldaya, F., Campos, J., García-Dueñas, V., González-Lodeiro, F. y Orozco, M. (1984): En: *El borde mediterráneo es-*

pañol: evolución del orógeno Bético y Geodinámica de las depresiones neógenas. Granada, 18-20.

- Azañón, J. M., García-Dueñas, V., Martínez-Martínez, J. M. y Crespo-Blanc, A. (1994): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 318, Série II, 667-674.
- Balanyá, J. C. y García-Dueñas, V. (1986): *Geogaceta*, 1, 19-21.
- Banda, E., Gallart, J., García-Dueñas, V., Dañoibeitia, J. J. y Makris, J. (1993): *Tectonophysics*, 221, 53-66.
- Crespo-Blanc, A., Orozco, M. y García-Dueñas, V. (1994): *Tectonics*, 13, 1, 78-88.
- Galindo-Zaldívar, J., González-Lodeiro, F. y Jabaloy, A. (1989): *Geodinamica Acta (Paris)*, 3, 1, 73-85.
- García-Dueñas, V., Balanyá, J. C. y Martínez-Martínez, J.M. (1992): *Geo-Marine Letters*, 12, 88-95.
- García-Dueñas, V., Balanyá, J. C. y Sánchez-Gómez, M. (1995): *Geogaceta*, 17, 134-135.
- García-Dueñas, V. y Martínez-Martínez, J. M. (1988): *Geogaceta*, 5, 53-55.
- García-Dueñas, V., Martínez-Martínez, J. M. y Navarro-Vilá, F. (1986): *Geogaceta*, 1, 17-19.
- Gibbs, A.D. (1984): *J. geol. Soc. London*, 141, 609-620.
- Konert, G. y Van den Eeckhout, B. (1983): *Geologische Rundschau*, 72, 2, 619-636.
- Ott d'Estevou, Ph. (1980): *Doc. et Trav. IGAL, Paris*, 1, 264 pp.
- Platt, J. P., Van den Eeckhout, B., Janzen, E., Konert, G., Simon, O. J. y Weijermars, R. (1983): *Journal of Structural Geology*, 5, 519-538.
- Platt, J. P. y Behrmann, J. H. (1986): *Journal of Structural Geology*, 8, 15-34.
- Platt, J. P. (1982): *Geology*, 10, 97-102.
- Serrano, F. (1990): *Rev. Soc. Geol. España*, 3, 65-77.
- Weijermars, R. (1987): *Journal of Structural Geology*, 9, 139-157.
- Weijermars, R., Roep, Th. B., Van den Eeckhout, B., Postma, G. y Kleverlaan, K. (1985): *Geologie en Mijnbouw*, 64, 397-411.