

Tectónica reciente en el frente de Cabalgamiento Bético. Las deformaciones de Jimena y Bedmar (Jaén)

Recent tectonics in the Betic thrust front. The Jimena and Bedmar deformations (Jaen Province, Spain).

F.J. García-Tortosa⁽¹⁾, C. Sanz de Galdeano⁽²⁾, M. Sánchez-Gómez⁽¹⁾ y P. Alfaro⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento Geología, Facultad Ciencias, Universidad de Jaén, Campus de Las Lagunillas, 23071 Jaén, Spain, gtortosa@ujaen.es

⁽²⁾ Instituto Andaluz Ciencias Tierra (CSIC-Univ. Granada), Facultad Ciencias, Univ. Granada, 18071 Granada. csanz@ugr.es

⁽³⁾ Departamento Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Facultad Ciencias, Univ. Alicante, 03080 Alicante, pedro.alfaro@ua.es

ABSTRACT

In the area of Jimena-Bedmar, in the Guadalquivir basin, the northwards displacement of the External Betic units deformed the sedimentary Miocene infilling of the basin. Especially remarkable is an E-W anticline affecting middle-late Miocene limestones and marls. This structure is dissected by two fault sets, striking N20° and N140° and some reverse faults. Striation and sense of shearing of minor faults in the Cerro Atalaya indicate the existence of two main deformation phases. The first one is characterized by N-S compression congruent with the orientation of regional folds and thrust kinematics. The last one is characterized by a roughly E-W extension that produces faults with topographic expression, as the Golondrinas and Bedmar faults. The time of the deformation ranges between the uppermost Miocene (compression) and the present (extension).

Key words: Betic Cordillera, Betic Thrust Front, recent tectonics, active faults, Guadalquivir Foreland Basin.

Geogaceta, 44 (2008), 59-62
ISSN: 0213683X

Introducción

La Zona Externa Bética está formada por las coberteras sedimentarias mesozoicas del Paleomargen Sudibérico, despegadas de su basamento paleozoico Hercínico durante la colisión del Dominio de Alborán (Zona Interna). La Zona Externa puede subdividirse en Prebético, más próximo al Macizo Hercínico, y Subbético, más alejado de él. La configuración general de la Cordillera Bética se alcanzó durante el Mioceno inferior, Burdigaliense, y parte del medio, si bien la deformación ha continuado hasta la actualidad. El actual sistema de esfuerzos que le afecta se inició en el Mioceno superior (Tortonense); corresponde a una compresión NNO-SSE y a una extensión aproximadamente perpendicular (Galindo-Zaldívar *et al.*, 1993).

El sector estudiado se sitúa en el frente de cabalgamiento Bético (FCB) (Fig. 1) formado por unidades de la Zona Externa Bética, que cabalgan y deforman a la cuenca neógena del Guadalquivir, que es la cuenca de antepaís de la Cordillera Bética (García Castellanos *et al.*, 2002). Estos cabalgamientos se produjeron desde el Burdigaliense al Tortonense e incluso Messiniense con una dirección de transporte tectónico hacia el N, NO y O,

según el lugar y el momento. En su avance han formado un olistostroma de gran magnitud (Pérez López y Sanz de Galdeano, 1994; Roldán, 1994). Este sector, aunque alejado de la Zona Interna donde son más patentes las deformacio-

nes recientes, también presenta evidencias de actividad tectónica (Sánchez Gómez y Torcal, 2002; Peláez *et al.*, 2005).

Las deformaciones en la cuenca del Guadalquivir se han considerado muy

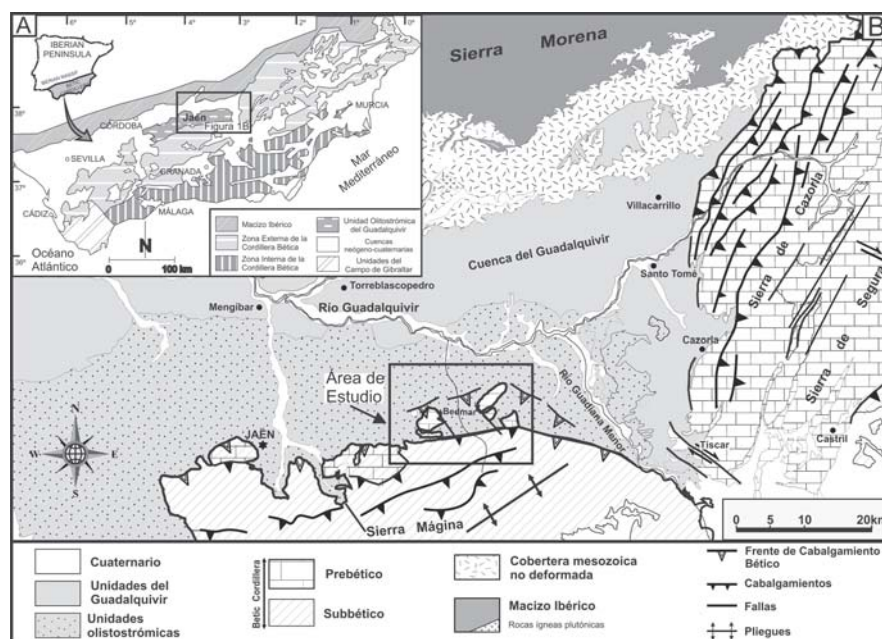


Fig. 1.- Mapa geológico de localización indicando las grandes unidades tectónicas.

Fig. 1.- Geologic map showing the large tectonic units. Rectangle indicates the studied area.

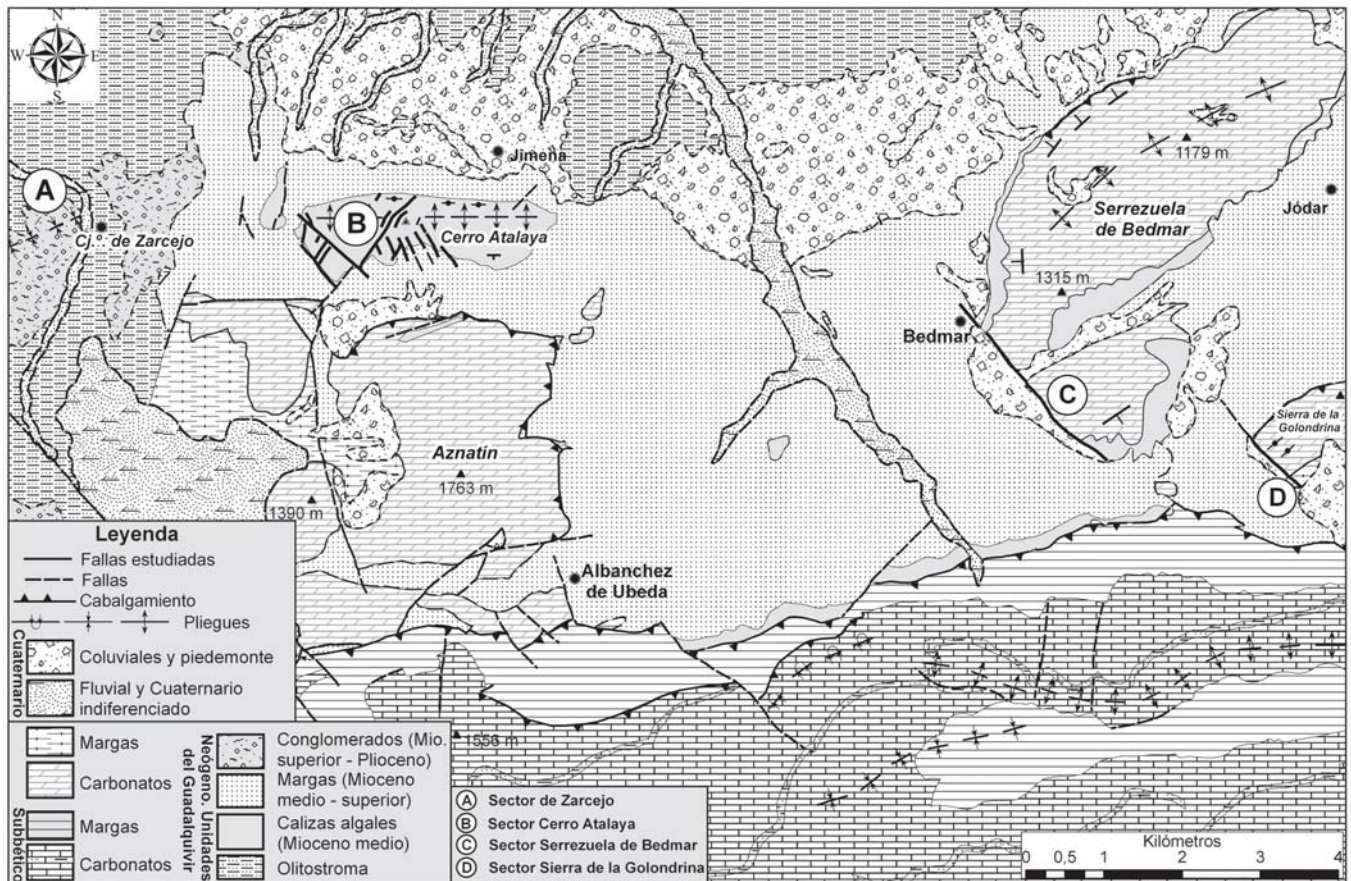


Fig. 2.- Mapa Geológico del área estudiada mostrando las principales estructuras. Los sectores en los que se han realizado las estaciones de medida están marcados por letras insertas en círculos.

Fig. 2.- Geological map of the studied area showing the main structures. The measurement stations are indicated by encircled letters.

poco activas a partir del Messiniense. No obstante, en determinados sectores, como el aquí estudiado, pueden observarse pliegues y fallas que afectan a materiales del tránsito Mioceno-Plioceno. Además, algunas estructuras distensivas asociadas al Frente de Cabalgamiento Bético y con una orientación casi perpendicular al mismo, muestran evidencias de actividad reciente, sub-actual.

El objetivo del presente trabajo es la descripción de las deformaciones más recientes observadas en el Frente de Cabalgamiento Bético (sector de Jimena-Bedmar), así como la de algunas estructuras asociadas potencialmente activas (Fig.2).

Estructura del sector

En el sector de Jimena, los relieves más elevados como los de la Serrezuela de Bedmar, Aznatin y el Cerro de la Atalaya, pertenecientes al Prebético, forman pliegues, pliegues-fallas cabalgantes sobre la cuenca del Guadalquivir. Como puede verse en la figura 2 los pliegues tienen ejes de dirección entre EO y NE-SO.

Estas estructuras presentan una vergencia predominante hacia el norte, con vergencias locales hacia el sur.

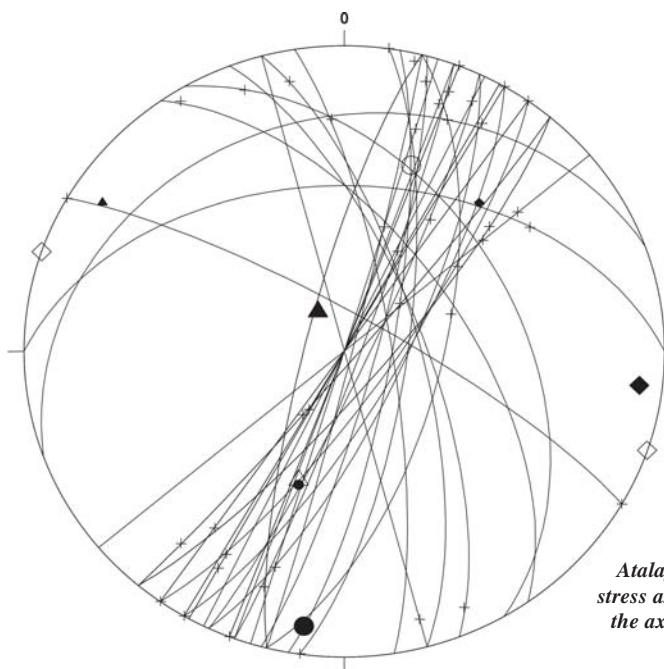
El avance de las unidades prebéticas produjo también deformaciones en los materiales miocenos de la cuenca del Guadalquivir. Tal es el caso del anticlinal del Cerro Atalaya formado en las calizas de algas atribuidas al Mioceno medio y en las margas que se depositaron encima, del Mioceno superior (Molina y Nieto, 2003). Este pliegue es vergente al norte y está fallado parcialmente en su flanco septentrional. Hay además numerosas fallas de direcciones N15-20°E y N145°E, generalmente verticales o casi, que lo afectan; se distinguen bien en las calizas miocenas, con longitudes que oscilan mucho, desde pocos metros a más de 100. Se distribuyen preferentemente en dos juegos conjugados que forman cada uno de ellos unos 60 grados con relación al eje del pliegue (Fig. 2). El movimiento de muchas de estas fallas es de salto en dirección, si bien posteriormente algunas se reactivaron como normales. Existen también algunas fallas inversas, cuya dirección suele coincidir con la del eje del pliegue.

Más al oeste, en el sector de Zarcejo (Fig. 2) afloran sedimentos continentales (conglomerados, arenas y arcillas rojas) atribuidos al Mioceno superior-Plioceno. Estas rocas se encuentran afectadas por un plegamiento muy suave y en los conglomerados, se han medido fallas menores y estriaciones en cantos.

Paralelas a los dos juegos de fallas del Cerro Atalaya hay fallas normales, con fuertes buzamientos de componente oeste, que dan una importante expresión topográfica y afectan a los actuales bordes de algunos de los bloques prebéticos cabalgantes. Entre ellas cabe destacar, las que se sitúan en los bordes sudoccidentales de las sierras de Bedmar y de la Golondrina. En su origen pudieron ser de desgarre, pero los movimientos que muestran las estrías visibles son netamente normales.

Análisis de los paleoesfuerzos

Se ha realizado un análisis estructural de algunos de los sectores citados: Cerro Atalaya (Jimena), Zarcejo, Falla de Bedmar y Falla de la Sierra de la Golondrina (Fig.2). En los dos primeros secto-



	σ_1		σ_2		σ_3		Rel. axial
	Dir	Buz	Dir	Buz	Dir	Buz	
Fase 1	188	10	329	77	97	8	.160
Fase 2	19	36	199	54	109	0	.270
Fase 3	198	52	303	11	41	36	.390

Tabla I.- Orientación de los ejes principales de paleoesfuerzos deducidos a partir de la población de fallas analizadas en el Cerro Atalaya.

Table I.- Paleostress axis orientation deduced from the analysed fault population of the Cerro Atalaya.

Fig. 3.- Proyección estereográfica (igual área, hemisferio inferior) de la orientación de las estructuras del Cerro Atalaya y los paleoesfuerzos deducidos de ellas (ver Tabla 1). Círculos mayores: fallas. Cruces: estrías. Posición de los ejes principales del esfuerzo: s_1 : círculos pequeños, s_2 : triángulos, s_3 : rombos. Los símbolos mayores rellenos de los ejes corresponden a la fase 1. Las formas grandes huecas a la fase 2 y las formas pequeñas rellenas a la fase 3.

Fig. 3.- Lower hemisphere equal-area stereographic diagram showing the orientation of the structures and the deduced paleostress of the Cerro Atalaya sector. Great circles: faults, small crosses: striae. Position of the main stress axes: s_1 : small circles, s_2 : triangles, s_3 : rhombus. The large filled symbols of the axes correspond to the phase 1. Large empty symbols to the phase 2 and the small filled symbols to the phase 3.

res se han determinado los paleoesfuerzos mediante el método de Galindo-Zaldívar y González-Lodeiro (1988) (Fig. 3).

Cerro Atalaya: Se han medido 37 fallas con estrías cuyo sentido de movimiento se conoce y se han obtenido tres fases cuyas direcciones respectivas son las que figuran en la tabla I.

La dirección de compresión s_1 obtenida en este sector del Cerro Atalaya se mantiene prácticamente N-S, aumentando progresivamente la inclinación hasta la fase 3. Por su parte, s_3 pasa entonces a tener una dirección NE-SO. Interpretamos que en la fase 3 el avance había disminuido drásticamente o casi había cesado. En realidad, la fase 2 es un paso intermedio para alcanzar la fase 3.

Esto es congruente con el hecho de que tras los desplazamientos compresivos horizontales o casi horizontales de las fallas, se formaran en algunas de ellas potentes espeleotemas y, posteriormente, afectando también a estos, se crearan nuevas fallas, prácticamente paralelas a las anteriores, pero de carácter normal, con estrías en buzamiento.

En el sector de Zarcejo se han medido 17 fallas y tan solo se reconoce una fase de deformación, cuyas direcciones son: s_1 : 150, 05; s_2 : 45, 70; s_3 : 242, 19. Razón axial: 0.090. Se pudieron medir también cantos estriados que muestran mayoritariamente la compresión aproximadamente N-S. El sentido del basculamiento de los conglomerados del sector de Zarcejo es congruente con un pliegue suave producido por la orientación de paleoesfuerzos obtenida (Fig. 2).

La Falla de Bedmar, con una orientación media N145°E y buzamiento hacia el SO entre 60° y 75°, produce un neto escarpe en el relieve (Fig. 4). La longitud cartografiada de la falla es de aproximadamente 4 km. Presenta varios juegos de estrías y acanaladuras, diferenciándose tres principales. El más antiguo tiene componente de dirección con un cabeceo de 80 hacia el SE. Un segundo juego con cierta componente en dirección (cabeceo entre 55° y 75° NO). Por último, el juego de estrías más recientes es en buzamiento y se observa principalmente en la parte inferior del plano de falla expuesto, borrando allí por completo a los juegos anteriores.

La Falla de la Sierra de la Golondrina, que presenta una traza observable de aproximadamente 1,5 km, tiene en conjunto la misma orientación que la anterior (entre N133°E/63°SO y N160°E/80°SO). En ella se observan también dos sistemas de estrías, uno con un cabeceo de 36 al O, y otro de salto en buzamiento. Estas últimas estrías se observan también sobre pequeñas fallas satélites que afectan al coluvial cuaternario apoyado sobre el plano de falla. Este coluvial ha sido datado al pie del escarpe de la Sierra de la Golondrina en 5 ka (Jiménez y Jiménez, 2003).

Ambas fallas generan dos frentes montañosos bastante rectilíneos en las

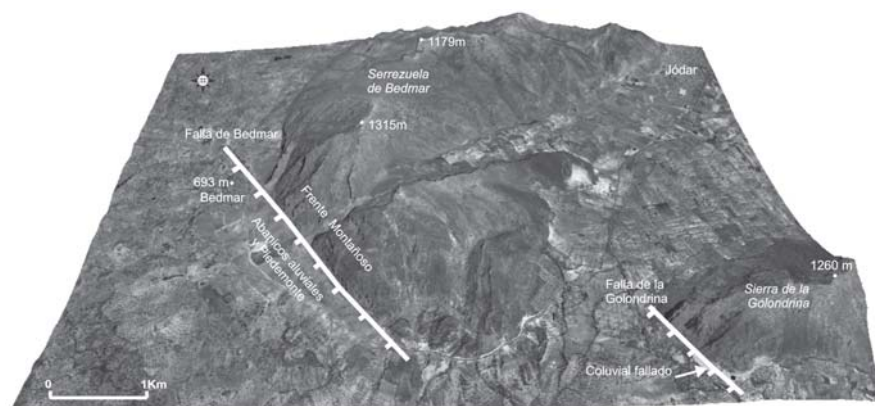


Fig. 4.- Panorámica del frente montañoso que generan las fallas de Bedmar y de la Golondrina a partir de una ortoimagen y de un modelo digital del terreno.

Fig. 4.- 3D view of the mountain front generated for the Bedmar and Golondrina faults, from an orthoimage and a DEM.

faldas occidentales de las sierras de Bedmar y de la Golondrina, ambos congruentes con su posible actividad reciente (Fig. 4).

Discusión y conclusiones

El anticlinal del Cerro Atalaya se ha formado como consecuencia del avance hacia el norte producido por los bloques prebéticos involucrados en la génesis del olistostroma. Esta estructura es comparable con la que existe en el sector de Jaén, donde la unidad de Jabalcuz (de afinidad subbética) deforma a la Unidad prebética de Jaén. Ésta última fue intensamente plegada y cabalgó al Mioceno medio, quizás incluso superior, de la cuenca del Guadalquivir, en el sector situado directamente al oeste de Jaén (Sanz de Galdeano, 1973).

Tanto el anticlinal con su dirección E-O y vergencia al norte, como las fallas asociadas traducen perfectamente el citado empuje. La Fase 1 detectada corresponde a una compresión N-S, cuya edad, dado que las margas son del Mioceno superior, debe corresponder a un momento posterior. La fase 3 corresponde a un momento de relajamiento de la citada compresión, actuando una extensión prácticamente perpendicular, mientras que la fase 2 corresponde a un momento intermedio, de paso entre la primera y tercera fase. La última fase parece ser la responsable del funcionamiento como

fallas normales de los bordes SO de las sierras de Bedmar y de la Golondrina, con movimientos muy recientes, a juzgar por los depósitos cuaternarios afectados.

En el sector de Zarcejo, situado un poco más al oeste, los materiales afectados son algo más recientes que los del Cerro Atalaya, quizás incluso pliocenos. Esto indica que el avance de las unidades hacia el norte llegó en algunos puntos a actuar durante el Plioceno. La deformación del frente no debió alcanzar puntos más septentrionales, pues en materiales de similar edad y litología que los de Zarcejo, situados en las proximidades del río Guadalquivir, a menos de 8 kilómetros hacia el norte, no se ha observado ninguna deformación.

Agradecimientos.

Este estudio se ha financiado a través de los proyectos CGL2006-10202/BTE; CGL2007-60535/BTE y CSD2006-00041/MEC y TOPO-IBERIA CONSOLIDER-INGENIO CSD2006-00041 y los grupos de la Junta de Andalucía RNM 217 y 325.

Referencias

Galindo-Zaldívar, J. y González-Lodeiro, F. (1988). *Annales Tectonicae*, II,

2, 90-97.

- Galindo-Zaldívar, J., González-Lodeiro, F. y Jabaloy, A. (1993). *Tectonophysics*, 227, 105-126.
- García-Castellanos, D., Fernández, M. y Torné, M. (2002). *Tectonics*, 21; art. n°. 1018. Doi: 10.1029/2001TC001339.
- Jiménez-Espinosa, R. y Jiménez-Millán, J. (2003). *Journal of Arid Environments*, 53, 479-489. doi:10.1006/jare.2002.1061.
- Molina, J.M. y Nieto, L.M. (2003). *Geotemas*, 5, 171-174
- Peláez J.A., Sánchez Gómez, M. y López Casado, C. (2005). *Boletín del Instituto de Estudios Giennenses*, 191, 169-183.
- Pérez-López, A. y Sanz de Galdeano, C. (1994). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 7, 141-153.
- Roldán García, F. J. (1994). *Evolución neógena de la cuenca del Guadalquivir*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada. 260 p.
- Sánchez-Gómez, M. y Torcal-Medina, F. (2002). *Primer centenario del Observatorio de Cartuja. Cien Años de Sismología en Granada*, 8-11.
- Sanz de Galdeano, C. (1973). *Geología de la transversal Jaén Fraile (Provincia de Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 83, 273 p.