

# Deformaciones tectónicas desde el Tortonense en el Campo de Dalías (Cordilleras Béticas)

*Tectonic deformations since Tortonian in the Campo de Dalías (Betic Cordilleras)*

C. Marín Lechado <sup>(1)</sup>, J. Galindo Zaldívar <sup>(2)</sup> y L. R. Rodríguez Fernández <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Geológico y Minero de España. Urb. Alcázar del Genil. Edificio Zulema, nº 4 Bajo, 18006 Granada.

<sup>(2)</sup> Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada, 18071 Granada.

## ABSTRACT

The Campo de Dalías is an emerged zone located at the northern boundary of Alboran Sea. The Neogene-Quaternary sediments of the Campo de Dalías are deformed by E-W open folds that also uplift Sierra de Gádor. The field studies reveals the existence of several joint sets with trends comprised between N170°E and N120°E some of them active at present. The oldest fault recognised in the region is normal, has an E-W trend, south dipping and is covered by Tortonian calcarenites. Other set of synsedimentary faults with N145°E trend deform Tortonian calcarenites. The best represented faults in the region are the Plio-Quaternary transtensional faults with dextral and sinistral components. Its trends are comprised between N170°E and N120°E and are compatible with a stress field of SW-NE extension. These faults are mainly reactivated from previous joints and are active at present determining the coastline in the Balanegra fault zone.

**Key words:** Campo de Dalías, joints, fault reactivation, folds.

Geogaceta, 32 (2002), 171-173

ISSN:0213683X

## Introducción

Las Cordilleras Béticas se sitúan en el límite entre las placas Euroasiática y Africana. El Campo de Dalías se sitúa en el límite meridional de las Cordilleras Béticas. Constituye la única zona entre Almería y Málaga donde están bien representados los sedimentos neógenos y cuaternarios del borde norte del Mar de Alborán discordantes sobre el complejo Alpujárride. La secuencia sedimentaria neógena se inicia con calcarenitas tortonienses sobre las que se depositan localmente margas, yesos y conglomerados de edad Tortonense superior - Mesiniense. Sobre los sedimentos del Mioceno superior se disponen margas y calcarenitas pliocenas en un ciclo transgresivo - regresivo. A techo de los materiales anteriores se disponen depósitos cuaternarios continentales (materiales detríticos gruesos y limos rojos) y marinos (conglomerados cementados). Estos depósitos se disponen en abanicos fluviales y terrazas marinas.

En el Campo de Dalías se han realizado diversas investigaciones con objetivos sedimentológicos (Fourniguet, 1975; Rodríguez Fernández y Martín Penela, 1993), estudios específicos sobre las terrazas marinas (Goy y Zazo, 1986) y determinaciones de la sismicidad (Stich *et al.*, 2001).

La comparación de datos de nivelación de precisión en vértices geodésicos en distintas fechas (Giménez, *et al.*, 2000) han determinado que el Campo de Dalías muestra una elevación vertical respecto a su entorno. Las imágenes de interferometría radar (Romero *et al.*, 2001) indican desplazamientos verticales en la región durante la serie de terremotos que tuvo lugar en 1993-1994. Sin embargo, los estudios relacionados con la tectónica reciente y activa en la región son escasos y sólo se limitan a indicar la presencia de fallas con actividad reciente en algunos sectores (Fourniguet, 1975, Baena y Ewert 1983; Martínez-Díaz, 1998).

La presencia de esta actividad tectónica reciente se pone de manifiesto por la existencia de sismicidad distribuida con numerosos terremotos de pequeña intensidad ( $m_b < 5.0$ ) (Stich *et al.*, 2001). Aunque históricamente la región ha sido afectada por terremotos que han alcanzado hasta intensidad IX (25 de Agosto 1804), no hay criterios para asignar esta actividad sísmica a fallas concretas. Sin embargo, entre los terremotos recientes cabe destacar la serie sísmica de Adra en la que se produjeron más de 700 microterremotos (Stich *et al.*, 2001) que se localizaron preferentemente en la zona de falla de Balanegra (Fig. 1) y su prolon-

gación hacia el SE en el mar. Los mecanismos focales calculados en estos terremotos (Stich *et al.*, 2001) indican que las fallas activas en la región tienen una situación compleja, con mecanismos de falla normal, a veces con componente dextra y mecanismos de salto en dirección.

El objetivo fundamental de este trabajo es analizar la superposición de estructuras y para ello se determinará la evolución tectónica del Campo de Dalías desde el Mioceno Superior hasta la actualidad, en una región donde se han desarrollado simultáneamente pliegues y varios sistemas de fallas y diaclasas.

## Estructuras en el Campo de Dalías: pliegues, fallas y diaclasas

Los materiales neógenos del Campo de Dalías y el basamento alpujárride están deformados por pliegues abiertos de dirección E-O a ENE-OSO que se han desarrollado desde el Tortonense superior hasta la actualidad. La Sierra de Gádor corresponde a un gran pliegue anticlinal abierto en la región cuyo eje tiene aproximadamente la misma dirección que la línea de costa entre Málaga y Almería. Este pliegue es responsable de la elevación de los sedimentos marinos del Tortonense que se encuentran en la parte alta de di-

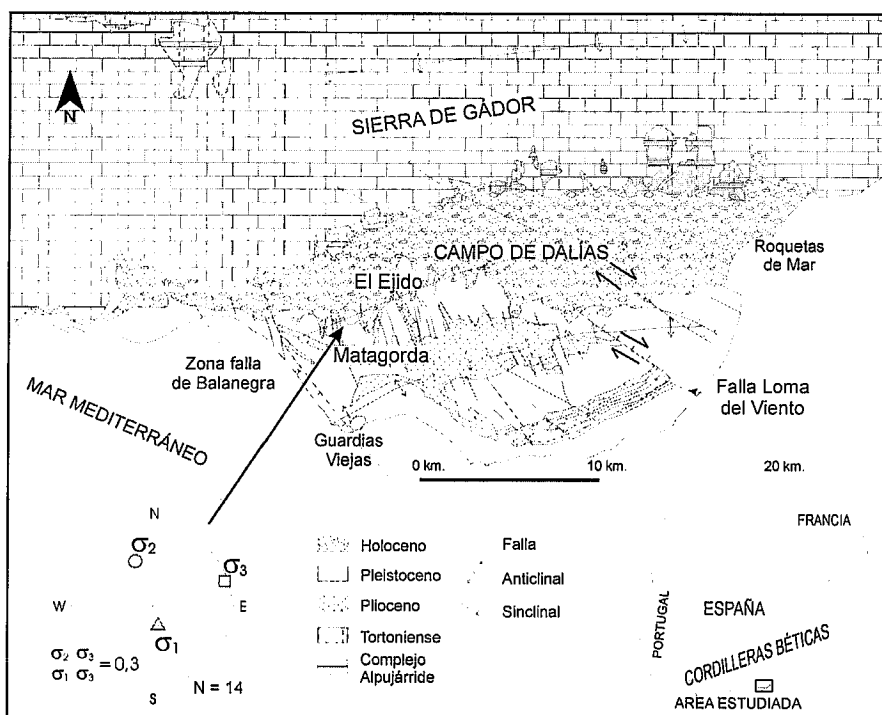


Fig. 1.- Esquema geológico del Campo de Dalías. Representación estereográfica, hemisferio inferior, del elipsoide de esfuerzos determinado en la cantera cercana a la localidad de Matagorda.

Fig. 1.- Geological map of Campo de Dalías. Stereographic representation, lower hemisphere, of stress ellipsoid calculated in a quarry near Matagorda town.

cha sierra (Fig. 1). En el Campo de Dalías el basamento alpujárride y los sedimentos neógenos se encuentran también plegados, como puede observarse en los perfiles sísmicos del área (Rodríguez Fernández y Martín Penela, 1993). El desarrollo progresivo de estos pliegues, ha permitido la emersión de los depósitos marinos plio-cuaternarios. En el núcleo del anticlinal localizado en el sector meridional del Campo de Dalías afloran mármoles alpujárrides (zona de Guardias Viejas, Fig. 1). La discordancia en los materiales del Plioceno del sector de Adra indica un evento del proceso de desarrollo discontinuo de estos pliegues.

Los estudios de campo muestran que desde el Plioceno, la región ha sido deformada por diaclasas con direcciones variables entre N120°E y N170°E. Las fracturas se agrupan en dos juegos de diaclasas híbridas o de cizalla o bien en un juego de diaclasas de tensión, dependiendo del sector estudiado (Fig. 2). Estas estructuras son compatibles con unas direcciones medias de compresión horizontal máxima NNO-SSE y una extensión de dirección media ENE-OSO. Una gran parte de las diaclasas tienen rellenos de calcita e incluso depósitos de suelos recientes que han caído dentro de las fracturas. Algunas de las dia-

clasas tienen aperturas que superan el metro. Mientras que en unos sectores las diaclasas continúan siendo activas, afectando a materiales cuaternarios, en otros sectores están fosilizadas por los sedimentos de esta edad.

Se ha reconocido puntualmente en el borde meridional de la Sierra de Gádor una falla de dirección E-O, buzamiento al Sur y movimiento normal que está fosilizada por las calcarenitas de edad Tortoniana (Fig. 1). Estas calcarenitas están además deformadas por fallas normales de dirección N145°E y funcionamiento sinsedimentario. No se ha reconocido en el campo ningún indicio de falla post-tortoniana de orientación E-O en el borde meridional de Sierra de Gádor.

Las fallas mejor representadas en el Campo de Dalías afectan a los materiales plio-cuaternarios y tienen direcciones que varían entre N170°E y N120°E. Se reconocen fallas normales con un plano de elevado buzamiento y dirección N140°E (Falla de Balanegra). También se observan fallas de salto en dirección y movimiento normal-dextro con direcciones variables entre N140°E y N120°E, tales como la Falla de la Loma del Viento (Fig. 1). El otro grupo de fallas de direcciones variables entre N170°E y N140°E tienen movimientos

normales sinistros. Localmente se han identificado fallas inversas de orientación NE-SO sinsedimentarias en materiales de edad pliocena. La mayoría de estas fallas desarrollan estructuras de semigraben en el bloque de techo relleno por sedimentos cuaternarios con una geometría en abanico de capas, que indican un funcionamiento progresivo y sinsedimentario durante el Cuaternario (Fig. 3). El estudio de paleoesfuerzos, mediante el método de Redes de Búsqueda (Galindo Zaldívar y González Lodeiro, 1988), de las fallas de la cantera próxima a Matagorda (Fig. 1, 3) indica la compatibilidad con un elipsoide de esfuerzos de compresión NO-SE y extensión SO-NE.

### Evolución tectónica: discusión y conclusiones

La falla normal de dirección E-O reconocida en el borde meridional de la Sierra de Gádor ha funcionado durante el inicio de la sedimentación Tortoniana e indica una extensión en dirección N-S. Esta falla, por tanto, no es la responsable de la alineación observada en el borde meridional de dicha sierra, ya que la generación de este relieve es posterior al Tortoniano. Durante la sedimentación tortoniana y mesiniense se desarrollan en el área pliegues con ejes de dirección ENE-OSO que generan el anticlinal de la Sierra de Gádor, así como el anticlinal observado en los perfiles sísmicos en el Campo de Dalías (IGME, 1983). Estos materiales tortonianos están afectados por fallas normales sinsedimentarias de dirección N145°E.

La lineación del borde meridional de la Sierra de Gádor corresponde al flanco sur del gran anticlinal antes citado, cuyo relieve determina el desarrollo de abanicos aluviales cuaternarios. La dirección E-O de la línea de costa entre Málaga y Almería es principalmente la consecuencia del desarrollo de los grandes pliegues de esta orientación similares al que se observa en Sierra de Gádor.

El plegamiento continúa durante el Plio-Cuaternario, produciendo en sedimentos de esta edad pliegues más abiertos. Asimismo, durante el Plio-Cuaternario se forman juegos de diaclasas que indican una extensión SO-NE y compresión NO-SE, siendo activas estas diaclasas en la actualidad en algunos sectores del Campo de Dalías. Las observaciones de campo indican un primer episodio en el desarro-

llo de las diaclasas, ya que localmente están fosilizadas por limos rojos cuaternarios. Posteriormente se forman numerosas fallas de direcciones variables entre N170°E y N120°E que afectan a los materiales plio-cuaternarios. Estas fallas se han desarrollado probablemente por reactivación de las diaclasas dado que la mayoría de los planos de falla son subverticales y paralelos a los principales juegos de diaclasas. Se observa además en algunos sectores, cómo la actividad de las fallas es posterior al desarrollo de las diaclasas, que llegan a ser inactivas y están fosilizadas por materiales cuaternarios. La falla de Loma del Viento, una de las fallas de más recorrido del Campo de Dalías, ha sido descrita como falla en tijera (Rodríguez Fernández y Martín Penela, 1993). Sin embargo, se constata un movimiento reciente normal-dextro con hundimiento del bloque noreste a partir del estudio de estrías en varios tramos de la falla. La gran variabilidad de movimientos en las fallas debe ser consecuencia de la reactivación de planos previos de fractura en un campo único de esfuerzos de extensión en dirección preferente NE-SO.

Las fallas recientes se desarrollan en una situación tectónica similar a la determinada por los mecanismos focales de terremotos y permiten comprender la aparente discrepancia entre los movimientos de las fallas activas. El área de la falla de Balanegra es una de las estructuras más activas en la región, que controla la orientación actual de la línea de costa.

**Agradecimientos**

Este trabajo se ha realizado gracias a la beca predoctoral concedida al primer firmante por parte del IGME y en el marco del proyecto CICyT BTE2000-1490-C02-01.

**Referencias**

Baena, J. y Ewert, K. (1983): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 1.058 (Roquetas de Mar) del Mapa geológico Nacional a escala 1:50.000, IGME.  
 Fourniguet, J. (1975): *Tesis Univ. Orleáns*. 230 pp.  
 Galindo Zaldívar, J. y González Lodeiro, F. (1988): *Ann. Tectonicae*, 2: 90-97.  
 Giménez, J., Suriñach, E. y Goula, X. (2000): *Tectonophysics*, 317, 237-258.  
 Goy, J. L. y Zazo, C. (1986): *Tectono-*

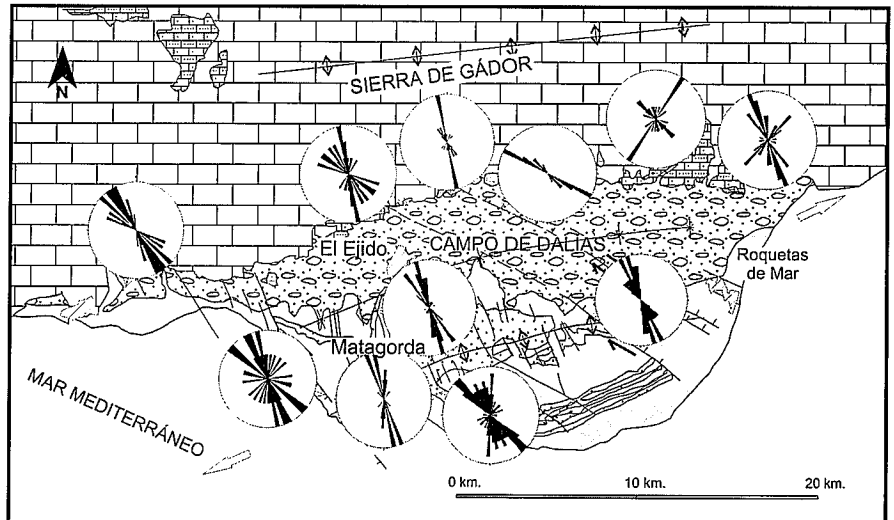


Fig. 2.- Diagramas en rosa de los vientos de diaclasas en distintas estaciones del Campo de Dalías.

Fig. 2.- Rose diagrams of joints from several stations of Campo de Dalías.



Fig. 3.- Panorámica en la cantera cercana a la localidad de Matagorda donde se aprecia la reactivación de una diaclasa. El bloque de muro corresponde a calcarenitas pliocenas y el bloque de techo está formado por limos rojos de edad cuaternaria. Esta falla desarrolla un semigraben en el bloque de techo con capas en abanico mostrando la actividad progresiva de esta falla durante el Cuaternario.

Fig. 3.- View of quarry near Matagorda town showing the reactivation of a joint. The footwall is formed by Pliocene calcarenites and the hangingwall by Quaternary red silts. This fault develops a half-graben structure in its hanging wall that is filled by a wedge of sediments showing the progressive fault activity during Quaternary.

*physics* 130, 259-270.  
 IGME (1983): Mapa y memoria explicativa de la Hoja 84-85 (Almería-Garrucha-Chella-Los Genoveses) del Mapa geológico de la plataforma continental a escala 1:200.000.  
 Martínez Díaz, J. J. (2000): *Rev. Soc. Geol. España* 13(3-4), 417-429.

Rodríguez Fernández, J. y Martín Penela, J. (1993): *Geodinamica Acta* 6(4), 255-270.  
 Romero, R., Luzón, F., Fernández, J. y Carrasco, D. (2001): *Boletín ROA*, 3.  
 Stich, D.A.G., Alguacil, G. y Morales, J. (2001): *Geophys. J. Int.* 146, 801-812.