

Unidades tectónicas y estructura general de la Sierra de Gádor y zonas adyacentes (Cordillera Bética, provincia de Almería): implicaciones paleogeográficas

Tectonic units and general structure of the Sierra de Gádor and surrounding areas (Betic Cordillera, Almería province): palaeogeographic implications

I. Martín-Rojas¹, A. Estévez Rubio¹, F. Delgado Salazar²

RESUMEN

En la Sierra de Gádor (provincia del Almería) afloran rocas pertenecientes a la Zona Interna de la Cordillera Bética. En este sector hemos reconocido un total de cinco unidades tectónicas, en función de sus características estratigráficas, estructurales y petrológicas. Estas unidades se denominan, de abajo a arriba, unidad de Gádor-Turón, unidad de Laujar, unidad de Murtas, unidad de Felix y unidad de Chirán. Las cuatro más bajas las asignamos al Complejo Alpujárride, mientras que la más alta la asignamos al Complejo Maláguide. Se discute además la posible inclusión de la unidad de Felix dentro de las denominadas *Unidades Intermedias*. La unidad de Felix representa el tránsito paleogeográfico durante el Triásico entre el dominio Alpujárride y el Maláguide, y estaría situada entre ambos complejos durante la evolución tectono-metamórfica alpina de la Cordillera Bética.

Palabras Clave: Cordillera Bética, Zona Interna Bética, Complejo Alpujárride, Unidades Intermedias, unidades tectónicas.

ABSTRACT

In the Sierra de Gádor (Almeria province) terrains belonging to the Internal Betic Zone crop out. According to stratigraphic, structural and petrologic features we have recognised five tectonic units. These units are called, from bottom to top, Gádor-Turón, Laujar, Murtas, Felix and Chirán unit. The lower fourth are ascribed to the Alpujárride Complex, whilst the last one is ascribed to the Maláguide Complex. We also discuss if the Felix unit may be included in the *Intermediate Units*. The Felix unit represents the Triassic palaeogeographic transition between the Alpujárride and the Maláguide, and it was located between both complexes during the alpine tectono-metamorphic evolution of the Betic Cordillera.

Key words: Betic Cordillera, Internal Betic Zone, Alpujárride Complex, Intermediate Units, tectonic units.

Introducción

La Sierra de Gádor se encuentra situada en la provincia de Almería (fig. 1), estando constituida principalmente por rocas metamórficas pertenecientes a la Zona Interna Bética. En esta zona autores precedentes han definido un número variado de unidades tectónicas en base, principalmente, a criterios estructurales. Presentamos aquí los resultados obtenidos del estudio cartográfico, estructural y estratigráfico que hemos llevado a cabo en el sector de la Sierra de Gádor; dicho estudio nos ha permitido diferenciar un total de cinco unidades tectónicas (cuatro asignadas al Complejo Alpujárride y la más alta al Maláguide, fig. 1), así como su composición litológica. Se discuten además una serie de cuestiones de índole paleogeográfica relacionadas con la más alta de las unidades alpujárrides reconocidas.

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, ap 99: 03690: Alicante, España. Email: Ivan.Martin@ua.es.

² Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Campus Fuentenueva, av. Fuentenueva s/n, 18003 Granada, España.

Antecedentes

Dentro de la Zona Interna Bética se diferencian tres grandes complejos de unidades tectónicas denominados (de abajo a arriba): Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide (Egeler, 1963; Egeler y Simon, 1969a y b). Así mismo, también se reconocen una serie de unidades denominadas *Unidades Frontales* (Martín-Algarra y Vera, 2004), o *Dorsal* (Durand-Delga y Foucault, 1967), cuya asignación a un dominio paleogeográfico concreto está aún en discusión. El Complejo Nevado-Filábride (el único no aflorante en el área estudiada) está formado por rocas metamórficas de grado medio-alto y edad comprendida entre el Paleozoico y, posiblemente, el Cretácico (Puga, 1971; Martínez-Martínez, 1986; Puga *et al.*, 2002). El Complejo Alpujárride se compone principalmente de rocas metamórficas de grado medio a bajo; dentro de este complejo aparecen algunas unidades que presentan una serie adscrita al paleozoico y sobre ella una triásica, mientras que otras unidades sólo constan de la parte superior (Egeler y Simon, 1969a y b; Durand-Delga y Fontboté, 1980; Delgado *et al.*, 1981). Por último, el Complejo Maláguide está formado por rocas no metamórficas, presentando un basamento paleozoico y una cobertera mesozoico-terciaria (Blumenthal, 1927; Durand-Delga, 1968).

El primer trabajo publicado relativo al área estudiada es el de Ansted (1857), quien describió la serie estratigráfica de la Sierra de Gádor. Gonzalo y Tarín (1882) presenta datos paleontológicos que permiten datar como triásicos los carbonatos de la Sierra de Gádor. A finales de los años veinte se reconoce la existencia de mantos de cabalgamiento en la región (Westerveld, 1929); este autor propone la denominación de *Mantos Alpujárrides* (Alpujárrides nappes) y asigna a los esquistos aflorantes en la zona una edad pre-triásica.

Durand-Delga y Fontboté (1960) abordan el problema de la edad de las traslaciones de los mantos alpujárrides y resumen las principales características de Complejo Alpujárride, mientras que Egeler y Simon (1969a y 1969b) hacen un resumen de las publicaciones existentes hasta ese momento y presentan un mapa general de las unidades reconocidas. Aldaya (1969) estudia la parte occidental del sector situado al sur de Sierra Nevada, define las unidades de Lújar, Cástaras, Alcázar, Murtas y Adra, presenta una descripción petrográfica de las mismas y muestra la existencia de una zonación metamórfica; observaciones que fueron posterior-

mente extendidas hacia el este (Aldaya *et al.*, 1979; Aldaya *et al.*, 1983; Aldaya *et al.*, 1983).

Jacquin (1970) estudia la Sierra de Gádor desde el punto de vista estratigráfico y minero. Propone la existencia de tres unidades alpujárrides (Lújar, Gádor y Felix nappes) y sobre ellas de una serie de afloramientos dispersos del Complejo Maláguide. De acuerdo con este autor, las unidades superiores constarían de una parte inferior de esquistos y cuarcitas y una superior de filitas y carbonatos, que sería el componente único de las unidades inferiores. Jacquin (1965 y *op. cit.*) asigna a la cobertera una edad triásica.

Orozco (1972) divide el sector occidental de la Sierra de Gádor en tres unidades tectónicas (Lújar, Alcázar y Murtas), sobre las que aparecerían afloramientos dispersos del Maláguide. Este autor reconoce un metamorfismo «pluri-facial» al que seguiría posteriormente una etapa de cabalgamientos.

En la zona oriental del área de estudio, Voermans *et al.* (1983) reconocen dos unidades tectónicas que asignan a los grupos Lújar y Murtas (*sensu* Aldaya *et al.*, 1983a y 1983b).

En el entorno de la localidad de Berja, en la zona occidental de la Sierra de Gádor, Delgado y Vera (1985) simplifican la organización estructural, ya que reconocen sólo tres unidades tectónicas (a las que no les asignan nombre, sino una numeración), así como una serie de afloramientos dispersos que adscriben al Complejo Maláguide. Simultáneamente, Gervilla *et al.* (1985) proponen una columna estratigráfica de la unidad más baja de las aflorantes en la zona occidental; mientras que Sanz de Galdeano (1985) describe una serie de escamas tectónicas en la parte oriental del área y propone una correlación de las unidades que reconoce con las aflorantes en otros sectores de la cadena.

A partir de los años noventa se publican una serie de trabajos que tratan la evolución tectono-metamórfica del Complejo Alpujárride en general, estableciendo una compleja sucesión de eventos tectónicos (García-Dueñas *et al.*, 1992; Rodríguez-Fernández y Martín-Penela, 1993; Simancas y Campos, 1993; Azañón *et al.*, 1994; Balanyá *et al.*, 1997, entre muchos otros).

Siguiendo lo propuesto para otros sectores de la cordillera, Crespo-Blanc *et al.* (1994) postulan que los contactos entre las unidades previamente definidas en el sector occidental de la Sierra de Gádor, que hasta entonces habían sido interpretados como cabalgamientos, serían fallas normales de bajo ángulo posteriormente plegadas.

Orozco *et al.* (1997 y 1998) agrupan la práctica totalidad de los terrenos aflorantes en el sector occi-

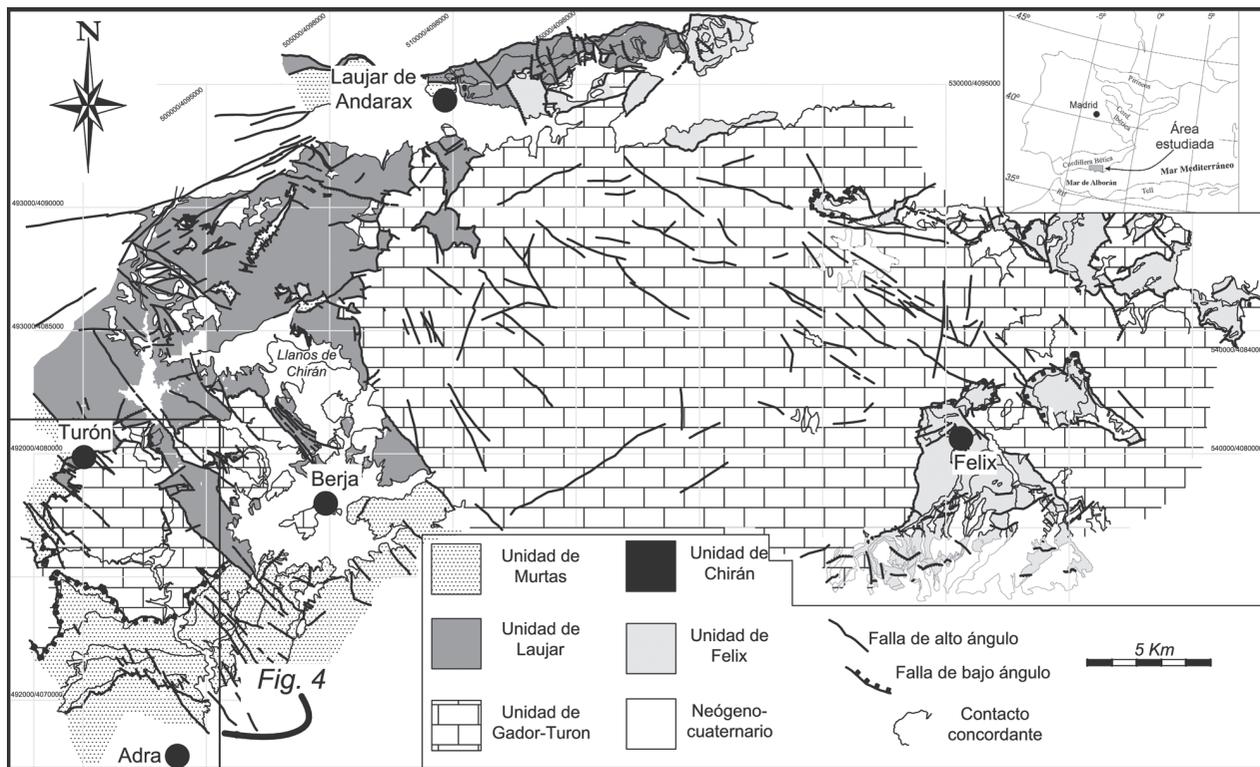


Fig. 1.—Mapa geológico esquemático de la Sierra de Gádor. Las fallas de alto ángulo tienen componente normal, mientras que bajo el epígrafe de «fallas de bajo ángulo» se señalan fallas con poco buzamiento normales, inversas o que han actuado como inversas en un momento y como normales con posterioridad.

dental del área estudiada en una única unidad (si bien reconoce algunos isleos de unidades más altas). Basándose en criterios estructurales y en el estudio mediante técnicas mineralógicas (medida del espaciado basal de la moscovita y paragonita, determinaciones del índice de cristalinidad de la illita y del parámetro b_0 de mica y clorita), estos autores proponen la existencia de una serie de pliegues que afectarían a conjuntos litológicos que previamente eran considerados como pertenecientes a distintas unidades tectónicas. Así mismo, afirman que estos pliegues estarían ligados a un evento extensional.

Martín-Rojas (2006) lleva a cabo un estudio de la Sierra de Gádor proponiendo la existencia de cinco unidades tectónicas así como una evolución geodinámica alpina polifásica.

De lo anterior se deduce que existe una discrepancia en cuanto al número y composición de las unidades existentes en la Sierra de Gádor. Este trabajo pretende aclarar dicha discrepancia, ya que la organización del edificio estructural ha sido el punto de partida de muchos trabajos de índole estructural y petrológica realizados en el área.

Principales rasgos litológicos de las unidades diferenciadas

En este apartado y en la figura 2 se describen las características composicionales de las unidades reconocidas, cuya justificación como tales unidades se realizará en apartados sucesivos. Del estudio que hemos llevado a cabo, hemos diferenciado un total de cinco unidades tectónicas, que hemos denominado (de abajo a arriba): Gádor-Turón, Laujar, Murtas, Felix y Chirán (fig. 1 —la unidad de Chirán no es visible en el mapa debido al pequeño tamaño de sus afloramientos—). Al igual que ocurre en el resto de unidades del Complejo Alpujárride (Egeler y Simon, 1969b; Delgado, 1978; Aldaya *et al.*, 1979; Delgado *et al.*, 1981; García Tortosa, 2002), las que hemos reconocido en la Sierra de Gádor están formadas por una formación detrítica basal a la que se le asigna una edad que va del Paleozoico al Triásico Inferior (De Vries y Zwaan, 1967; Fontbote, 1986) y una formación carbonatada suprayacente del Triásico Medio-Superior (Jacquin, 1970; Delgado, 1978).

Unidad de Gádor-Turón

La formación detrítica situada en la base de la Unidad de Gádor-Turón sólo aparece en el sector situado al noroeste de la localidad de Berja, aflorando en el flanco inverso de la gran estructura sinclinal del Calar de Turón y su continuación hacia el este (figs. 1, 3 y 4). Esta formación está compuesta por filitas azuladas y cuarcitas (1 en la fig. 2), siendo las filitas predominantes hacia el techo. En su parte alta, unos 100 metros antes de dar paso a la formación carbonatada, aparece una intercalación lateralmente discontinua y compuesta por yesos blancos y marrones y calizas amarillentas en niveles centimétricos (2 en la fig. 2).

La transición estratigráfica a la formación carbonatada se muestra claramente en la zona de las Fuentes de Marbella (fig. 4). En este sector se observa que al aproximarnos a la formación carbonatada, las filitas toman tonos verdosos y las intercalaciones de niveles de carbonatos van siendo progresivamente más abundantes, hasta que terminan por dar lugar a un intervalo de calcoesquistos amarillos (3 en la fig. 2). Este intervalo está formado por niveles de calizas grises claras en bancos de centimétricos a métricos y bancos de 30 a 40 centímetros de margocalizas amarillentas, ocasionalmente también se intercalan dolomías en bancos métricos.

La formación carbonatada de la unidad de Gádor-Turón es la que constituye los principales relieves topográficos de la zona estudiada. Si bien su serie estratigráfica no aflora en continuidad en ningún punto, proponemos una serie sintética elaborada a partir de varias columnas levantadas a lo largo del cauce del Río Grande de Adra (entre las Fuentes de Marbella y la presa de Beninar, figs. 1 y 4), al sureste de la localidad de Laujar de Andarax y en el sector situado al noreste de Felix. Dentro de esta formación hemos diferenciado varios intervalos que se detallan a continuación. Sobre los calcoesquistos amarillentos que marcan el tránsito desde la formación detrítica aparece un tramo de calizas grises bien estratificadas que intercalan margas también amarillentas (4 en la fig. 2), que en la parte alta presenta niveles de yesos intercalados. A continuación aparece un intervalo dolomítico masivo (5 en la fig. 2), organizado en bancos decamétricos, en el que se observan moldes de evaporitas, laminaciones algales, microconglomerados bioclásticos y brechas intraformacionales. Este intervalo también presenta esporádicamente facies de tipo «franciscana» (zebra dolostones) y cuerpos de sílex subparalelos a la

estratificación. Es en este tramo en el que encajan las mineralizaciones de sulfuros de Pb y Zn que han sido explotadas en el Calar de Turón. El tránsito entre este intervalo y el infrayacente parece ser un cambio lateral de facies, ya que ambos intervalos presentan un desarrollo distinto en diferentes sectores. El tercer intervalo que hemos reconocido (6 en la fig. 2) comienza con una alternancia de calizas grises y margas amarillentas en niveles de centimétricos a decimétricos; que da paso a un potente nivel de calizas masivas, el cual transiciona hacia arriba nuevamente a una alternancia de calizas y margas; en algunas zonas, como al sur de la presa de Beninar, este tramo presenta estructuras sedimentarias que evidencian procesos de tipo gravitacional (*slumps* y brechas intraformacionales). El cuarto intervalo diferenciado (7 en la fig. 2) está compuesto por dolomías y calizas, presenta un aspecto general masivo y en él encastran las mineralizaciones de fluorita, galena y esfalerita de la Sierra de Gádor. El quinto y último intervalo identificado (8 en la fig. 2) está formado por margas, margocalizas, calizas bien estratificadas y localmente yesos; en él aparecen niveles cuarcíticos de colores rosados o verdosos y grano muy fino, que han sido denominados en la literatura tradicional «metacineritas» (Delgado, 1978), si bien su origen volcánico no ha podido ser establecido con certeza. Finalmente, añadir que Jacquin (1970) y Orozco (1972) citan la existencia de cuerpos de rocas ígneas básicas concordantes con la estratificación dentro de la formación carbonatada de la unidad de Gádor-Turón.

Unidad de Laujar

En la formación detrítica de la unidad de Laujar (9 en la fig. 2) hemos diferenciado dos tramos: uno basal de naturaleza más cuarcítica compuesto por cuarcitas rosadas, rojizas, verdosas o blanquecinas que intercalan filitas de color azul intenso; y un tramo suprayacente predominantemente filítico, de colores azulados en la base que pasan a violetas hacia arriba. Dentro de las filitas violetas aparece una intercalación de carbonatos y yesos que llega a superar los 20 metros de espesor en algunos sectores (10 en la fig. 2). Esta intercalación carbonatada está formada por calizas muy recristalizadas en niveles de unos 10 centímetros con laminación milimétrica. Lateralmente esta intercalación pasa a estar formada por dos litologías: en la parte baja yesos masivos de colores grises o marrones mien-

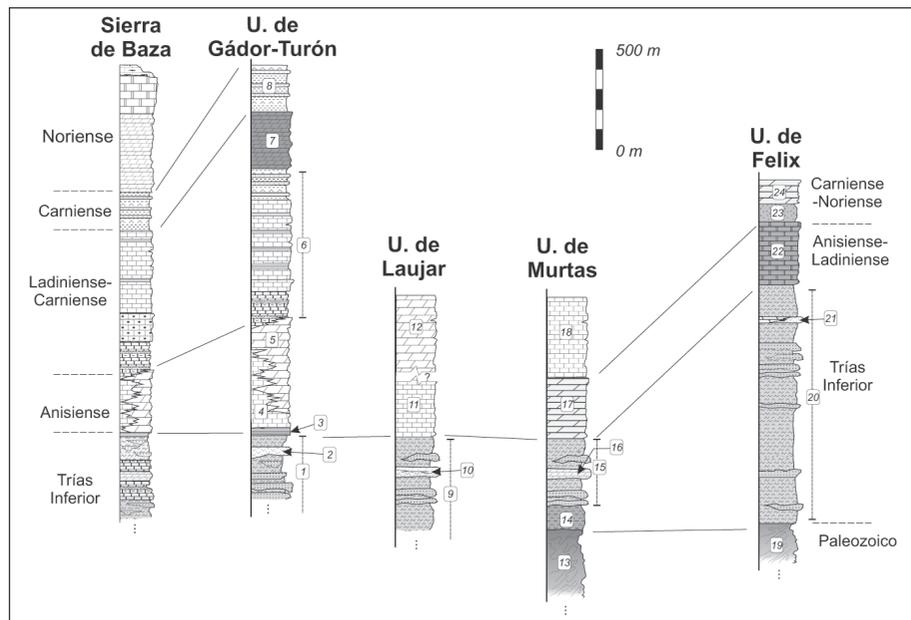


Fig. 2.—Columnas estratigráficas de las unidades diferenciadas (leyenda en el texto) y correlación con la Unidad de Santa Bárbara de la Sierra de Baza.

tras que en la parte superior aparecen dolomías oscuras intensamente recrystalizadas. El contacto basal entre la intercalación y las filitas violetas se realiza a través de unos calcoesquistos amarillentos finamente tableados.

Sobre la formación detrítica, la unidad de Laujar presenta una formación carbonatada muy potente, que aflora ampliamente a lo largo de la carretera que va desde Laujar a Berja. El tránsito entre ambas está marcado por un tramo formado por niveles métricos alternantes de cuarcitas y dolomías que intercala rocas subvolcánicas básicas (ofitas) de grano grueso y color verde con textura muy homogénea. La formación carbonatada propiamente dicha consta de un intervalo basal (11 en la fig. 2) que comienza con un nivel métrico de dolomías oscuras, hacia arriba pasa a unas calizas tableadas que intercalan niveles centimétricos margosos de color blanco-verdoso y, sucesivamente, a unas calizas grises tableadas muy recrystalizadas, de aspecto mármoleo y con intercalaciones de milimétricas a centimétricas de margas marrones-rojizas; estas margas desaparecen hacia el techo, siendo la parte alta del intervalo eminentemente carbonatada. El segundo intervalo de esta formación carbonatada (12 en la fig. 2) es de naturaleza dolomítica; presenta una base formada por dolomías bréichicas de tonos rojizos que pasan a amarillentas hacia techo, el intervalo termina con dolomías masivas brechifi-

cadadas de color negro oscuro que aparecen organizadas en bancos métricos y presenta una pátina rojiza.

Unidad de Murtas

La unidad de Murtas es de todas las aflorantes en el sector la que presenta una formación detrítica más desarrollada. La base de la sucesión está ocupada por un intervalo de esquistos negros y cuarcitas con granates (13 en la fig. 2) que hacia arriba pasan a tener tonalidades pardo-rojizas. En algunos puntos este tramo de esquistos oscuros presenta unas venas características compuestas por cuarzo, plagioclasa, moscovita y cristales de andalucita rosa centimétricos. Sobre el intervalo de esquistos oscuros aparece un tramo muy potente y monótono de cuarcitas y esquistos con biotita de colores grises oscuros y verdosos (14 en la fig. 2); en estos esquistos se reconocen ocasionalmente abundantes cristales de andalucita que crecen desorientados sobre la foliación principal. Sobre el intervalo anterior aparece uno compuesto por cuarcitas de colores verdosos, blanquecinos y rosados que intercalan filitas azuladas que dan paso a un potente intervalo de filitas y cuarcitas de colores azules (15 en la fig. 2). En la parte alta, este último intervalo presenta una intercalación de yesos y margas de tonos marrones-amarillentos (16 en la fig. 2).

La transición entre la formación detrítica y la carbonatada de la unidad de Murtas está marcada por un cambio en la tonalidad de las filitas, que pasan a tener colores verdosos hacia el techo y a intercalar progresivamente algunos bancos carbonatados. Hacia arriba aparecen unos calcoesquistos de colores amarillentos o verdosos que van siendo progresivamente más carbonatados.

La formación carbonatada propiamente dicha comienza con un intervalo de calizas grises oscuras en niveles decimétricos que intercalan bancos de dolomías ocreas (17 en la fig. 2). Sobre este intervalo encontramos otro (18 en la fig. 2) compuesto por dolomías negras masivas a escala de afloramiento pero que en detalle presentan una laminación de origen algal milimétrica y algunos nódulos dispersos de sílex blanco. Éstas presentan en la parte alta abundantes bioturbaciones y van siendo progresivamente más estratificadas hasta que gradualmente se pasa a un intervalo de calizas grises en niveles centimétricos que se alternan con niveles más pelíticos de tonos marrones-ocres. En el sector de La Parra, al Norte de Adra, la formación carbonatada de la unidad de Murtas sólo aflora en el núcleo de pliegues sinclinales hectométricos muy apretados (figs. 1, 3 y 4); este hecho hace que hayan sufrido una mayor recristalización, y, por ello, resulta difícil distinguir los niveles anteriormente descritos.

Unidad de Felix

El tramo más bajo de la formación detrítica de la unidad de Felix (19 en la fig. 2) aflora al este de la localidad de Fondón; está formado por esquistos y cuarcitas pardo-dorados de grano muy fino, dentro de los cuales aparece intercalado un banco de dolomías amarillas de unos dos metros de espesor. Sobre el tramo anterior aparece de forma brusca un potente intervalo compuesto por filitas y cuarcitas de color azul intenso (20 en la fig. 2); con abundantes venas de cuarzo exudadas y que ocasionalmente intercalan cuarcitas de tonos verdosos o blanquecinos. Estas filitas y cuarcitas van tomando hacia el techo coloraciones violetas, hasta que finalmente pasan a ser de color púrpura intenso; esta variación en el tono de color ha sido interpretado tradicionalmente en el Complejo Alpujárride como un indicador del grado metamórfico, que sería más alto cuanto más azul y más bajo cuanto más rojo (Jacquin, 1970; Delgado, 1978; García Tortosa, 2002; Martín-Rojas *et al.*, 2002), hipótesis que ha sido confirma-

da a través de estudios mineralógicos (Abad *et al.*, 2003). De forma esporádica en las filitas violetas aparecen niveles de microconglomerados con matriz cuarcítica algo más grosera de lo habitual y cantos blandos de color verdoso. A la altura de la serie en la que las filitas pasan de ser claramente azuladas a tener colores violetas aparece una primera intercalación carbonatada (21 en la fig. 2); esta intercalación está compuesta por dolomías de grano grueso muy recristalizadas con mineralizaciones de carbonatos de cobre (azurita y malaquita); esta intercalación lateralmente pasa a estar formada por yesos y calcoesquistos amarillentos. En la parte alta de las filitas violetas comienzan a aparecer gradualmente niveles carbonatados de calcoesquistos y margas de tonos amarillentos, que marcan el tránsito gradual a una segunda intercalación carbonatada. Esta segunda intercalación (22 en la fig. 2) llega a alcanzar más de 70 metros de potencia, pero tiene poca continuidad lateral; está formada por dolomías (masivas, con laminación algal y moldes de evaporitas y con indicios de bioturbación). De forma claramente gradual, en esta segunda intercalación carbonatada comienzan a aparecer algunos bancos detríticos hasta que se pasa a un intervalo de pelitas y arenitas rojas (23 en la fig. 2), el cual a su vez intercala en la parte baja algunos niveles carbonatados, el último de estos niveles es muy característico, ya que se trata de unas calizas oolíticas de color gris claro. Este intervalo contiene en su parte baja varios niveles de conglomerados con cantos de carbonatos triásicos, cuarcitas paleozoicas y radiolaritas negras paleozoicas (liditas); estos cantos tienen un tamaño de grano no superior a los 2 centímetros y están muy redondeados. Los niveles arenosos son de colores rojizos, verdosos o blanquecinos y presentan en ocasiones laminaciones cruzadas o paralelas, así como estructuras de deformación sinsedimentarias (*slumps* y laminaciones cruzadas deformadas), de forma esporádica también pueden observarse manchas circulares edáficas de oxidoreducción, que les confiere un aspecto moteado (conocidas como *tiger sandstones*). Aquellos bancos de arenitas que tienen un mayor tamaño de grano y los de conglomerados presentan morfologías canaliformes, con muro erosivo y techo plano. En la parte alta del intervalo aparece un nivel de pelitas rojizas que lateralmente pasa a margas y margocalizas amarillentas, el cual marca el tránsito a la formación carbonatada. El descenso en el grado de metamorfismo que se observaba en las filitas y cuarcitas se sigue observando en la parte alta de la

serie, de tal forma que en este segundo intervalo detrítico los materiales que aparecen han alcanzado un grado metamórfico muy bajo.

La formación carbonatada de la unidad de Felix, a diferencia de lo que ocurría con las dos intercalaciones carbonatadas que aparecen en la formación detrítica, presenta una gran continuidad lateral, estando presente en todos aquellos sectores en los que aflora la unidad. Esta formación (24 en la fig. 2) comienza con un intervalo de dolomías oscuras masivas, en las que ocasionalmente se observan restos de laminación algal. Sobre éstas encontramos un intervalo de calizas grises oscuras en bancos decimétricos; estos bancos presentan una parte basal con laminación algal que hacia arriba es reemplazada por moldes de evaporitas. El siguiente intervalo está compuesto por dolomías oscuras también con laminaciones algales y moldes de evaporitas. La formación termina con un intervalo formado por dolomías oscuras en bancos de 20 centímetros, bien estratificadas, que en ocasiones presentan morfologías estromatolíticas de tamaño métrico.

Unidad de Chirán

En el área estudiada el Complejo Maláguide aparece de forma dispersa y siempre en pequeños afloramientos muy incompletos. Todos estos afloramientos han sido unificados en la unidad de Chirán. A grandes rasgos se reconoce un basamento compuesto por materiales terrígenos paleozoicos sobre los que se dispone una serie triásica formada tanto por rocas detríticas de un característico color rojo como por yesos y algunos carbonatos.

El basamento paleozoico está compuesto por unas cuarcitas grises oscuras, casi negras, algo micáceas, que presentan estructuras de corrientes (*flute casts*, *crests marks*, etc.) y de carga. También aparecen unas grauwacas de colores grises oscuros que intercalan calizas grises finamente laminadas. Estas dos litologías aparecen en afloramientos distintos, por lo que no ha sido posible establecer la relación estratigráfica existente entre ambas.

La cobertera permotriásica comienza con unas cuarcitas beige en niveles centimétricos con niveles de pelitas grises en la parte alta, este tramo termina con un banco de dolomía ocre de unos 30 centímetros. Encima aparecen unas pelitas de color violeta muy oscuro con abundantes micas detríticas. Sobre ellas encontramos unas cuarcitas menos compactas que las anteriores aunque de tamaño de grano algo

mayor y tono gris oscuro a marrón oscuro; este tramo concluye con un banco de 50 centímetros de cuarcita de grano muy fino y organizada en láminas de 1 ó 2 centímetros. A continuación aparecen nuevamente unas cuarcitas de color marrón oscuro que también terminan con un nivel de tamaño de grano fino de 1,5 metros de potencia y color algo más claro. Les siguen unas pelitas algo cuarzosas de color gris oscuro (marrones por alteración) con abundantes micas detríticas que hacia techo se vuelven paulatinamente más claras y algo más finas. Éstas pasan a unas pelitas rojas, entre las que predominan las lutitas, aunque también aparecen algunas arenitas muy finas y bancos intercalados de cuarcitas blancas-grisáceas. Encima aparece la serie triásica, que comienza con un intervalo detrítico compuesto por lutitas y arenitas rojas altamente seleccionadas, niveles esporádicos de conglomerados rojos con cantos de liditas y cuarcitas blancas. A continuación aparece un intervalo de yeso gris interlaminado con margas verdosas y dolomías ocre, seguido de unas dolomías amarillas en niveles centimétricos con moldes de evaporitas que dan paso gradualmente a un tramo de yeso formado por una base de yeso masivo con bandeado centimétrico de niveles blancos y oscuros y yeso masivo blanco a techo. La serie finaliza con un nuevo nivel de lutitas y arenitas rojas.

Estructura general del área

Los terrenos aflorantes en el sector de la Sierra de Gádor han sufrido una deformación polifásica producida por la Orogenia Alpina de la Cordillera Bética (véase Martín-Algarra y Vera, 2004 y referencias incluidas en el mismo). Esta compleja historia deformacional ha dado lugar a una superposición de estructuras de diferentes escalas y tipologías (Martín-Rojas, 2006). En este apartado se presentan sólo aquellos rasgos macroestructurales de la Sierra de Gádor relevantes a la hora de establecer la organización en unidades de este sector.

El rasgo macroestructural más evidente en el área estudiada es la existencia de varias unidades tectónicas superpuestas. En numerosos puntos se puede observar superposiciones de rocas de más alto grado metamórfico sobre otras de más bajo grado; además también aparecen repeticiones en la vertical de materiales de edades equivalentes. Estos hechos indican que las superficies que separan estas unidades son cabalgamientos (o al menos lo eran

originariamente), como fue propuesto por Jacquin (1970), Orozco (1972), Voermans *et al.* (1983) o Aldaya *et al.* (1983a y b) entre otros. Un punto en el cual se puede observar una de estas superficies de cabalgamiento es el Cerro de las Viñas (UTM 497910/4080625), donde la unidad de Laujar se dispone sobre la de Gádor-Turón, siendo el contacto entre ambas una superficie ligeramente buzante hacia el este (figs. 3: corte 2-2' y 4). Asociados a este contacto se desarrollan en las filitas de la unidad de Laujar una serie de planos de cizalla de espaciado centimétrico a decimétrico que cortan a la foliación principal dando lugar a microestructuras (seudo S-C, lineación de estiramiento, etc.) que indican un sentido de transporte hacia el noroeste, es decir, ascendente en la serie tanto del bloque de muro como del de techo; esto pone de manifiesto que se trata de una superficie de cabalgamiento. Sin embargo, en ocasiones encontramos que las unidades tectónicas aparecen delimitadas por superficies que no son cabalgamientos en sentido estricto (si bien en algún momento a lo largo de la historia geodinámica del sector tuvieron que serlo), ya que posteriormente han sido reactivadas como fallas extensionales de bajo ángulo (Crespo-Blanc *et al.*, 1994; Mayoral *et al.*, 1994; Orozco *et al.*, 2004), o fragmentadas por la acción de fallas normales de alto ángulo o de salto en dirección (Sanz de Galdeano *et al.*, 1985; Martín-Rojas, 2006). Esto provoca que en algunos sectores no aparezca toda la pila de unidades, sino que algunas aparezcan laminadas, como ocurre, por ejemplo, en el sector oriental del área estudiada, donde la unidad de Felix se dispone directamente sobre la de Gádor-Turón (fig. 1).

Otro rasgo a tener en cuenta para establecer la composición del edificio estructural de la Sierra de Gádor es la existencia de pliegues volcados vergentes al norte, que van desde la escala centimétrica a la kilométrica. Un magnífico ejemplo de estos pliegues de escala cartográfica es el sinclinal del Calar de Turón (figs. 1, 3 y 4). Se trata de un gran pliegue sinclinal cuyo núcleo y flanco normal están ocupados por la formación carbonatada de la unidad de Gádor-Turón aflorante en el cerro del Calar de Turón (UTM 495415/4077610); el flanco inverso aflora en el sector de las Fuentes de Marbella y está ocupado en su mayor parte por las filitas y cuarcitas azules de la formación detrítica y por los calcoesquistos amarillos que dan paso gradualmente a la formación carbonatada.

Este conjunto de unidades ya estructurado sufrió posteriormente una extensión frágil causada por la

acción de fallas normales de bajo ángulo (Crespo-Blanc *et al.*, 1994) que dio lugar a un importante adelgazamiento del edificio. Posteriormente, tuvo lugar una etapa compresiva que generó pliegues levantados kilométricos (Rodríguez-Fernández y Martín-Penela, 1993) y varios sistemas conjugados de diaclasas y fallas normales (Marín-Lechado *et al.*, 2003 y 2005; Martín-Rojas, 2006); estas fallas normales son las responsables de que actualmente las unidades que ocupan una posición más alta en la pila afloren en muchas ocasiones ocupando zonas topográficamente bajas, donde han sido preservadas de la erosión (figs. 1 y 2: corte 2-2').

Discusión. Organización del Edificio estructural de la Sierra de Gádor

Como ya hemos comentado, en el sector de la Sierra de Gádor hemos diferenciado un total de cinco unidades tectónicas que, de muro a techo, son: unidad de Gádor-Turón, unidad de Laujar, unidad de Murtas, unidad de Felix y unidad de Chirán. Teniendo en cuenta sus series estratigráficas así como su carácter metamórfico asignamos las cuatro inferiores al Complejo Alpujarride, mientras que la unidad de Chirán la asignamos al Complejo Maláguide. Todas ellas son de nueva definición, si bien algunas coinciden en gran parte con las definidas por autores precedentes, en cuyo caso hemos decidido mantener el nombre que les habían asignado.

La unidad de Gádor-Turón

Es la más baja de las unidades aflorantes. Se trata de la unidad que da lugar a los grandes afloramientos carbonatados que constituyen el núcleo de la Sierra de Gádor y el Calar de Turón (de ahí su nombre), así como una serie de afloramientos más pequeños dispersos en el entorno de la localidad de Berja.

En el sector al este del Calar de Turón sobre los carbonatos del Calar aparecen filitas y cuarcitas de tonos azules (fig. 1). El contacto entre ambos conjuntos es tectónico, ya que los contactos existentes dentro de los carbonatos del Calar chocan sistemáticamente contra el mismo (figs. 3: corte 2-2', y 4). Además, este gran paquete carbonatado presenta una estructura compleja dominada por un gran pliegue sinclinal vergente al norte (sinclinal del Calar de Turón) que no afecta a las filitas y cuarcitas

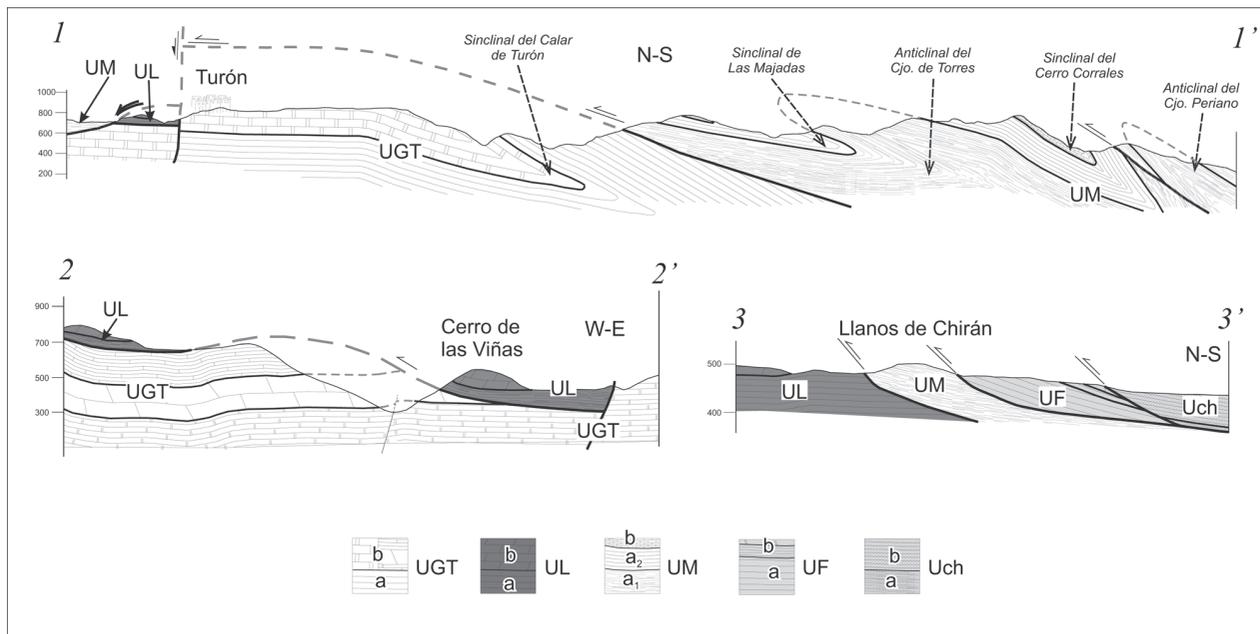


Fig. 3.—Cortes geológicos (situación en la fig. 4). UGT: unidad de Gádor-Turón: *a*, formación detrítica; *b*, formación carbonatada. UL: unidad de Laujar: *a*, formación detrítica; *b*, formación carbonatada. UM: unidad de Murtas: *a*₁: intervalo de esquistos de la formación detrítica; *a*₂: intervalo de filitas y cuarcitas de la formación detrítica; *b*, formación carbonatada. UF: unidad de Felix: *a*, formación detrítica; *b*, formación carbonatada. UCh: unidad de Chirán: *a*, formación detrítica; *b*, formación carbonatada.

suprayacentes que afloran en el entorno de la localidad de Turón (fig. 3: corte 1-1'). La inferior de estas unidades es la que hemos denominado unidad de Gádor-Turón, mientras que la superior es la unidad de Laujar.

El contacto de techo de esta unidad es prácticamente horizontal en Turón y buza ligeramente hacia el este en el margen oriental del río Grande de Adra, lo que hace que aflore ampliamente la unidad suprayacente (figs. 3: corte 2-2', y 4). Si nos desplazamos hacia al este encontramos varios afloramientos de la unidad de Gádor-Turón limitados por fallas con componente normal, que constituyen los principales relieves existentes en esta zona (cerros Tomillares y Pingorucho). En estos afloramientos se observa la continuación hacia el este del sinclinal del Calar de Turón, el cual no afecta a las filitas y cuarcitas suprayacentes, lo que pone de manifiesto, una vez más, que el contacto entre los carbonatos y las filitas y cuarcitas es un contacto tectónico de rango mayor.

La unidad de Laujar

La segunda unidad en orden ascendente en el edificio tectónico de la Sierra de Gádor es la unidad de

Laujar, la cual, cuando aparece, está situada sobre la unidad de Gádor-Turón. Se trata de la unidad a la cual pertenecen las filitas y cuarcitas situadas sobre los carbonatos de la unidad de Gádor-Turón en el Cerro de las Viñas (fig. 3: corte 2-2'). La superficie de contacto entre la unidad de Gádor-Turón y el conjunto superior es tectónica, ya que corta a los contactos entre las distintas litologías de la unidad inferior (formando además un alto ángulo con los mismos) pero es subparalelo a los contactos que se observan por encima de dicha superficie, lo que indica que nos encontramos ante un cabalgamiento, como ya ha sido discutido con anterioridad.

La unidad de Laujar también aflora en la localidad de Laujar de Andarax, de la que toma su nombre (fig. 1). A lo largo de la carretera que conduce al nacimiento del Río Andarax, aparecen unas filitas y cuarcitas azules que pasan rápidamente hacia el techo a violetas y que están coronadas por un paquete carbonatado; la afirmación de que nos encontramos ante un conjunto con entidad de unidad tectónica se ve reforzada porque estos materiales aparecen limitados por encima por una superficie tectónica subhorizontal, sobre la cual afloran unos esquistos y cuarcitas de grano fino con biotita; es decir el contacto entre ambas litologías supone un importante salto en el grado de metamorfismo.

La unidad de Murtas

La unidad de Murtas tal y como se define en este trabajo no coincide totalmente con la definida anteriormente por Aldaya *et al.* (1983a y b), aunque sí en gran parte, por lo que hemos decidido mantener esta denominación, además esta es la unidad sobre la que se ubica la localidad de Murtas.

En el entorno de la localidad de Turón (figs. 1 y 3: corte 1-1') encontramos que sobre las filitas y cuarcitas de la unidad de Laujar aparece una superficie poco buzante hacia el oeste, encima de la cual encontramos un conjunto formado por esquistos con biotita y filitas y cuarcitas, que asignamos a la parte inferior de la unidad de Murtas. Esta superficie es un contacto tectónico mayor, ya que supone una superposición de niveles metamórficos de más alto grado sobre otros de más bajo grado y porque corta a los contactos reconocibles por encima y por debajo de la misma (figs. 3: corte 1-1', y 4).

Al sur de la localidad de Turón la unidad de Murtas se encuentra directamente sobre las filitas del flanco inverso del sinclinal del Calar de Turón (figs. 1, 3 y 4). Hacia el sur, a lo largo de la carretera que desde las Fuentes de Marbella desciende hacia Adra, sobre las filitas y cuarcitas de la unidad de Gádor-Turón aparecen unos esquistos de grano fino con biotita. Este contacto ha sido interpretado de forma distinta por los diferentes autores que han trabajado en el sector; Jacquin (1970) lo interpreta como una repetición dentro de su *Nappe de Felix*; Aldaya *et al.* (1983b) afirman que se trata de un contacto de cabalgamiento que superpone lo que ellos definen como Manto de Murtas sobre el Manto Alcázar; finalmente, Orozco *et al.* (1998) proponen, a partir del análisis estructural de las secuencias carbonatada y metapelítica y de la evolución del grado de metamorfismo obtenido del estudio mineralógico, que se trata de un contacto normal (es decir, de una isograda metamórfica), continuación del flanco inverso del sinclinal del Calar de Turón. Si bien es cierto que esta superficie a lo largo de la carretera es paralela a la foliación principal y pone en contacto materiales que difieren muy poco en su grado metamórfico y aspecto, lateralmente hacia el oeste observamos que se trata de una superficie tectónica de rango mayor, ya que también se dispone cortando a los contactos que se observan tanto dentro de la infrayacente unidad de Gádor-Turón, como del conjunto suprayacente (figs. 1, 3 y 4), que es lo que denominamos unidad de Murtas. Es más, si continuamos hacia el norte

vemos cómo esta superficie corta al propio sinclinal del Calar de Turón (figs. 1, 3 y 4).

Hacia el sur, sobre los esquistos de grano fino, aparece el resto de la serie de esta unidad, la cual describe un sinclinal vergente al norte (sinclinal de Las Majadas, figs. 3 y 4). Seguidamente encontramos un gran anticlinal y un nuevo sinclinal (anticlinal del Cortijo de Torres y sinclinal del Cerro Corrales); en el flanco inverso de este último sinclinal afloran filitas y cuarcitas azules y sobre ellas unos esquistos pardos con biotita de grano fino. El contacto entre estos esquistos y las filitas que tienen bajo ellos ha sido interpretado por Aldaya *et al.* (1983b) como un contacto mecánico de gran magnitud que separa sus Mantos de Murtas y Adra; por su parte Orozco *et al.* (1998) también consideran esta superficie como un contacto entre unidades. Sin embargo, a lo largo de la carretera que desde Adra conduce hasta la Rambla de Guainos pasando por la localidad de La Parra se observa cómo gradualmente las filitas dan paso a unos esquistos de grano muy fino, éstos a esquistos con biotita y éstos a su vez a unos esquistos con granates, si bien es cierto que este tránsito tiene lugar en un intervalo que no supera los 500 metros de potencia (medidos perpendicularmente a la foliación principal). Esta superficie se mantiene prácticamente paralela a la foliación principal hacia el este, exceptuando algunos puntos en los que las filitas desaparecen localmente, para volver a aparecer un poco después (fig. 4). En nuestra opinión, dada la transición litológica que se observa y el paralelismo constante, esta superficie debe ser interpretada como un contacto normal entre dos tramos de una única unidad que han alcanzado distinto grado metamórfico y que posteriormente han sido afectados por el flanco inverso que une el sinclinal del Cerro Corrales con su anticlinal correlativo hacia el sur (anticlinal del Cortijo Periano, fig. 3: corte 1-1'). El estiramiento que se produce en los flancos inversos (como consecuencia del progreso de la deformación durante la generación de estos pliegues) explica que en algunas zonas la transición se produzca en un intervalo de poco espesor (fenómeno que también se observa a la escala del afloramiento). Sin embargo, este hecho no justifica en nuestra opinión la diferenciación de dos unidades tectónicas.

La unidad de Felix

La más alta de cuantas unidades alpujárrides afloran en el sector estudiado es la unidad de Felix.

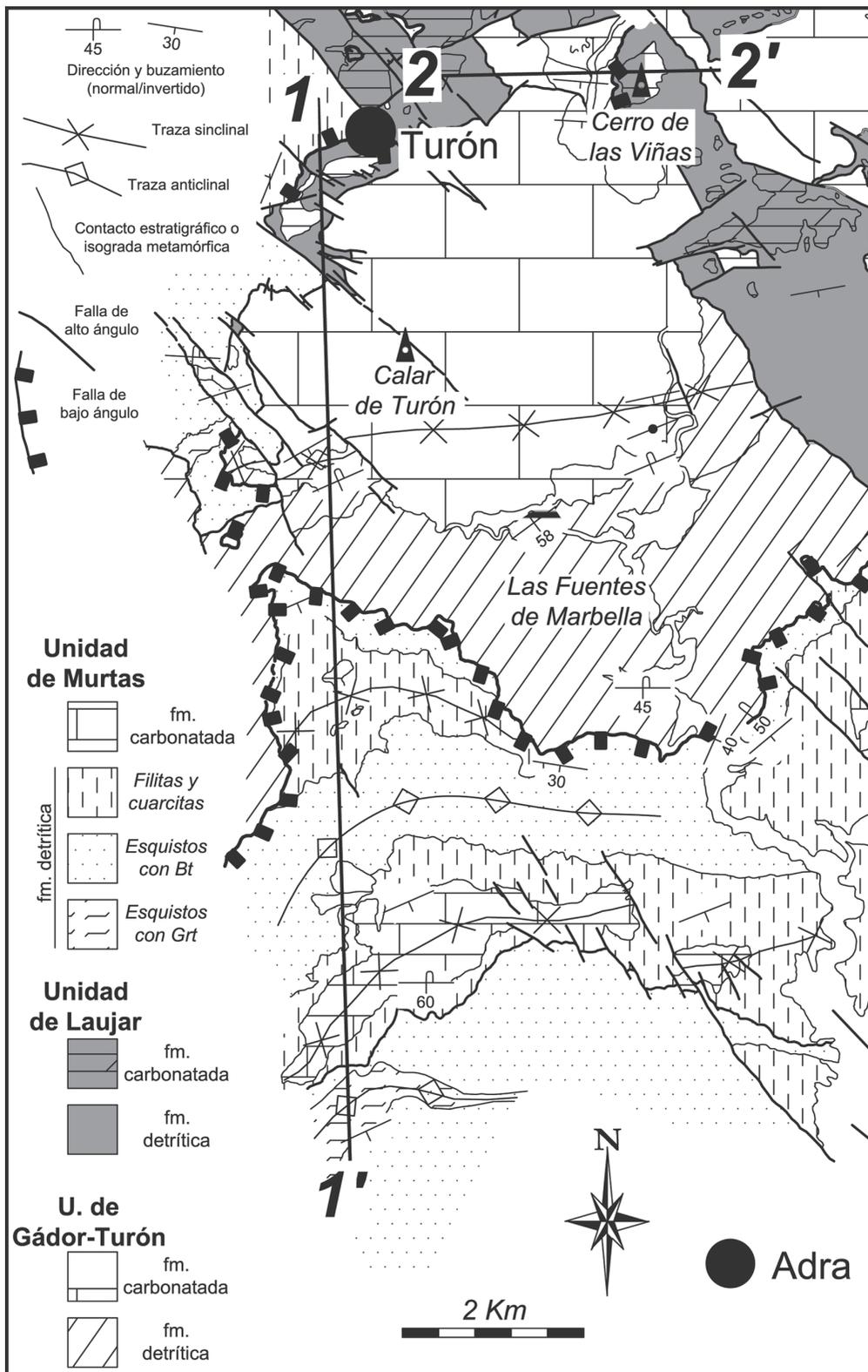


Fig. 4.—Mapa geológico de detalle de los alrededores de las localidades de Adra y Turón. Las fallas de alto ángulo tienen componente normal, mientras que bajo el epígrafe de «fallas de bajo ángulo» se señalan fallas con poco buzamiento normales, inversas o que han actuado como inversas en un momento y como normales con posterioridad.

Este nombre fue utilizado por primera vez por Jacquín (1970) como Manto de Felix (*Nappe* de Felix) y hemos decidido mantenerlo porque, en la zona en la que este autor lo definió, los materiales que comprenden el Manto de Felix coinciden plenamente con los que incluimos en nuestra unidad de Felix. Sin embargo, Jacquín (1970) extendió su Manto de Felix hacia el oeste, adscribiendo a éste terrenos que, en nuestra opinión, deben ser asignados a otras unidades.

La entidad de la unidad de Felix como tal unidad queda claramente de manifiesto en el entorno de la localidad de Felix, de la que toma su nombre (fig. 1). En esta zona aparecen los carbonatos de la unidad de Gádor-Turón y sobre ellos un conjunto formado por una serie detrítica basal (con varias intercalaciones carbonatadas) y una serie carbonatada. No sólo los contactos que se observan dentro de ambos conjuntos de materiales terminan por chocar sistemáticamente contra las superficies que los separa, sino que la unidad de Gádor-Turón presenta una estructura en pliegues vergentes al Norte que aparecen cortados por la superficie de contacto con el conjunto superior, el cual se dispone casi de forma monoclinial buzante al sur. Nos encontramos, por tanto, ante dos unidades distintas: la ya mencionada unidad de Gádor-Turón, representada por su serie carbonatada, y la suprayacente unidad de Felix.

Voermans *et al.* (1983) asignaron la Unidad de Felix al Manto de Murtas, siguiendo lo propuesto por Aldaya *et al.* (1983a y 1983b). Sin embargo, desde nuestro punto de vista, ambas unidades son independientes. La unidad de Felix presenta características estratigráficas muy distintas a las del resto de unidades como son (fig. 2): la presencia de dos niveles carbonatados cuya potencia supera los 100 metros de espesor, el más bajo de los cuales había sido situado erróneamente sobre todo el conjunto de material metapelítico por Voermans *et al.* (*op. cit.*); presenta además una intercalación en la parte alta de las filitas compuesta por dolomías y yeso (también presente en las unidades de Laujar y Gádor-Turón) que, en el caso de la unidad de Felix, se distingue por contener mineralizaciones de carbonatos de cobre (azurita y malaquita); por último, hay que destacar que la parte alta de la serie detrítica está formada por pelitas rojas prácticamente no metamórficas que incluyen cuarcitas de diversos colores (verdes, rojas, amarillas y blancas) así como niveles conglomeráticos con cantos de liditas. Estas características estratigráficas le confieren

a este conjunto la entidad propia como para ser considerado una unidad tectónica.

La unidad de Chirán

Bajo el nombre de unidad de Chirán hemos reunido un conjunto de afloramientos de pequeño tamaño y aislados, tanto es así, que la mayoría de ellos no tienen siquiera expresión cartográfica. Esta unidad la asignamos al Complejo Maláguide, ya que, entre otros motivos, en un afloramiento situado al noroeste de la localidad de Alcolea y en los Llanos de Chirán aparecen las típicas grauwas y conglomerados del paleozoico maláguide (Martín-Algarra, 1987), sobre las que encontramos una serie triásica formada por pelitas y arenitas rojas, yesos y dolomías

El punto donde el edificio estructural de la Sierra de Gádor aparece más completo es el afloramiento de los Llanos de Chirán (figs. 1 y 3: corte 3-3'). Pese a su pequeño tamaño, este afloramiento es especialmente relevante porque permite establecer la secuencia completa de unidades, si bien éstas aparecen fuertemente adelgazadas tectónicamente, de tal forma que sólo encontramos parte de la secuencia estratigráfica de cada una de ellas. Sobre unos carbonatos pertenecientes a la unidad de Laujar aparecen unos esquistos con granates y sobre ellos unas cuarcitas grises oscuras pertenecientes a la unidad de Murtas, la única que posee rocas de tan alto grado metamórfico. Encima encontramos unas filitas violetas que pasan a pelitas rojas y terminan con unas dolomías negras; esta serie pertenece a la unidad de Felix, la única del sector que tiene este tipo de facies. Finalmente, sobre la unidad de Felix aparece la unidad de Chirán, representada por su basamento paleozoico de conglomerados grises y cuarcitas y su cobertera triásica de pelitas rojas y yesos.

Propuesta de asignación de edades a los intervalos reconocidos

A pesar que hemos recogido más de 200 muestras de la formación carbonatada y más de 400 de la detrítica, ninguna de ellas ha aportado asociaciones de fósiles con significado bioestratigráfico. Por esto, para asignar una edad a los diferentes intervalos reconocidos es necesario recurrir a los datos aportados por autores precedentes y a la correlación

con otros sectores de la cadena. Para llevar a cabo esta discusión utilizaremos la serie de la unidad de Gádor-Turón, por ser la que presenta un mayor número de intervalos en su formación carbonatada. En la figura 2 se presenta además una propuesta de correlación con el resto de unidades.

No existen en toda la Cordillera Bética dataciones paleontológicas de la formación detrítica del Complejo Alpujárride, si bien se acepta unánimemente que los esquistos pertenecen al Paleozoico mientras que las filitas y cuarcitas de dicha formación (2 en la fig. 2) son del Trías Inferior o como muy antiguas del Pérmico (De Vries y Zwaan, 1967; Fontbote, 1986).

En los calcoesquistos que representan el tránsito entre la formación detrítica y la carbonatada (3 en la fig. 2), Voermans *et al.* (1983) encontraron una asociación de algas que parecen indicar una edad ladiniense.

Del resto de la serie carbonatada existen diversas dataciones que van desde el Anisiense hasta el Carniense (Gonzalo y Tarín, 1882; Jacquin, 1965; Jacquin, 1970; Voermans *et al.*, 1983); sin embargo, dado que no es posible situar estos datos en la columna estratigráfica propuesta en este trabajo, no permiten llegar a una precisión mayor. Con el fin de establecer una propuesta de edad para los tramos reconocidos hemos llevado a cabo una comparación de la columna estratigráfica de la unidad de Gádor-Turón con la serie carbonatada más completa de las aflorantes en todo el Complejo Alpujárride, que es la de la Unidad de Santa Bárbara de la Sierra de Baza (Delgado *et al.*, 1981) (fig. 2). En ambos casos, sobre los calcoesquistos antes citados aparece un conjunto formado por calizas y dolomías (4 y 5 en la fig. 2: para la unidad de Gádor-Turón), al que Delgado *et al.* (*op. cit.*) asignan una edad anisiense (aunque no descartan que la parte superior sea ya del Ladiniense). A continuación aparece en la unidad de Gádor-Turón un intervalo formado por margas, margocalizas y calizas, en el que destaca en su parte central un tramo más calizo que margoso (6 en la fig. 2). Este intervalo puede corresponder a los miembros calcoesquistoso y calizo de edad ladiniense de Delgado *et al.* (*op. cit.*). Seguidamente aparece en ambas unidades un nivel de dolomías y calizas caracterizado por la presencia de mineralizaciones estratiformes de sulfuros (7 en la fig. 2), el cual ha sido datado en la Sierra de Baza como ladiniense-carniense. Por último, coronando la serie de la unidad de Gádor-Turón aflora un nuevo intervalo de

composición mixta carbonatada-detrítica, cuyo equivalente en la Unidad de Santa Bárbara ha sido datado como del Carniense.

Significado paleogeográfico de la unidad de Felix

La unidad de Felix presenta una serie de características intermedias entre las de las unidades típicamente alpujárrides y las maláguides; estas características son: 1) está situada tectónicamente entre ambos complejos; 2) si consideramos un mismo nivel estratigráfico, la unidad de Felix ha alcanzado un grado de metamorfismo más bajo que el resto de las unidades alpujárrides y más alto que las maláguides (que no son metamórficas); 3) su serie estratigráfica también tiene características intermedias por lo que respecta a la presencia de conglomerados y a la potencia de carbonatos. Unidades de este mismo tipo han sido descritas en otros sectores de la Cordillera Bética y el Rif: en el entorno de Casares-Benarrabá (Sanz de Galdeano *et al.*, 1999), en Sierra Arana (Sanz de Galdeano *et al.*, 1995), en las Sierras de las Estancias y Tercia (Geel, 1973; Booth-Rea, 2001) y en Sierra Espuña (Martín-Martín *et al.*, 2006); en el área de Bocoya (Andrieux y Mègard, F., 1973) y entre Jehba y Ceuta (unidades de Federico (Kornprobst, 1974). Todas estas unidades mencionadas fueron agrupadas por (Sanz de Galdeano *et al.*, 2001) bajo la denominación de *Unidades Intermedias* («*Intermediate Units*»), conjunto al que también pertenecería, por tanto, la unidad de Felix. Sanz de Galdeano *et al.* (*op. cit.*) proponen que las Unidades Intermedias ocupaban una posición paleogeográfica intermedia entre el Alpujárride y el Maláguide durante el Trías y, por tanto, eran la evidencia de un tránsito gradual entre ambos dominios paleogeográficos.

Si bien nosotros compartimos esta idea, creemos que aún hay que ir más allá. Dado que la unidad de Felix (como el resto de Unidades Intermedias) presentan un grado de metamorfismo más bajo que el Complejo Alpujárride y más alto que el Maláguide (que no es metamórfico), este grupo de unidades debió ocupar durante la fase sin-metamórfica de la evolución tectono-metamórfica de la Zona Interna Bética una posición intermedia entre ambos complejos (al menos durante el momento de desarrollo de las condiciones de P/T de pico metamórfico); es decir, estarían situadas por encima del Complejo Alpujárride y por debajo del Maláguide.

Conclusiones

Del estudio cartográfico, estructural, estratigráfico y petrológico de la Sierra de Gádor se deduce la existencia de un total de cinco unidades tectónicas. Para denominar a estas unidades proponemos los siguientes nombres (de muro a techo): unidad de Gádor-Turón, unidad de Laujar; unidad de Murtas, unidad de Felix y unidad de Chirán.

Dado su carácter no metamórfico y las características estratigráficas de su basamento paleozoico, asignamos la unidad de Chirán al Complejo Maláguide, tal y como ya hicieron autores precedentes. De igual manera, teniendo en cuenta el grado de metamorfismo que han alcanzado así como las series estratigráficas que presentan, el resto de unidades las asignamos al Complejo Alpujárride.

La unidad de Felix presenta una posición estructural, grado de metamorfismo y serie estratigráfica transicional entre los dos complejos antes citados (Alpujárride y Maláguide), por lo que la incluimos en lo que algunos autores han denominado Unidades Intermedias. Esta unidad representaría el tránsito paleogeográfico triásico entre el dominio Alpujárride y el Maláguide y ocuparía una posición entre ambos complejos durante la evolución tectono-metamórfica alpina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto de investigación BTE2003-01113 y CGL2006-08848 del Ministerio de Educación y Ciencia, así como por los grupos de investigación de la Generalidad Valenciana con sede en el Dpto. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante. Agradecemos a los dos revisores anónimos que corrigieron este trabajo sus aportaciones.

Referencias

- Abad, I., Nieto, F., Peacor, D. R. y Velilla, N. (2003). Prograde and retrograde diagenetic and metamorphic evolution in metapelitic rocks, Sierra Espuña (Spain). *Clay Minerals.*, 38: 1-23.
- Aldaya, F. (1969). *Los mantos alpujárrides al Sur de Sierra Nevada*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Aldaya, F., Baena, J., Ewert, K., Granados-Granados, L., Del Pan Arana, T., Fernández-Lucano, M. C. y Ruiz-Reig, P. (1983a). Hoja 1057 (Adra), *MAGNA*.
- Aldaya, F., Baena, J., Ewert, K., Granados-Granados, L., Martínez-Díaz, C., Fernández-Lucano, M. C. y Ruiz-Reig, P. (1983b). Hoja 1043 (Berja), *MAGNA*.
- Aldaya, F., García-Dueñas, V. y Navarro-Vila, F. (1979). Los Mantos Alpujárrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujárrides. *Acta Geol. Hispánica*, 14: 154-166.
- Andrieux, J. y Mègard, F. (1973). Beni Boufrah, NI-30-XX-2. *Carte géologique du Maroc au 1:100.000*.
- Ansted, D. T. (1857). On the geology of the southern part of Andalucía, between Gibraltar and Almería. *Quart. Journ. Geol. Soc. London*, 15: 130-133.
- Azañón, J. M., García-Dueñas, V., Martínez-Martínez, J. M. y Crespo-Blanc, A. (1994). Alpujárride Tectonic sheets in the Central Betics and similar eastern alloctonous units (SE Spain). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 318: 667-674.
- Balanyá, J. C., García-Dueñas, V., Azañón, J. M. y Sánchez-Gómez, M. (1997). Alternating contractional and extensional events in the Alpujárride nappes of the Alborán domain (Betics, Gibraltar Arc). *Tectonics*, 16: 226-238.
- Blumenthal, M. (1927). Versuch einer tectonischen Gliederung der betischen Cordilleren von Central-und Südwest Andalusien. *Ecl. Geol. Helv.*, 20: 487-532.
- Booth-Rea, G. (2001). *Tectónica cenozoica en el Dominio Cortical de Alborán*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 264 págs.
- Crespo-Blanc, A., Orozco, M. y García-Dueñas, V. (1994). Extension versus compression during de Miocene tectonic evolution of the Betic Chain. Late folding of normal fault systems. *Tectonics.*, 13: 78-88.
- De Vries, W. C. P. y Zwaan, K. B. (1967). Alpujárride succession in the central Sierra de las Estancias, province of Almería, SE Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wet.*, 70: 443-453.
- Delgado, F. (1978). *Los Alpujárrides en Sierra de Baza (Cordilleras Béticas, España)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 483 págs.
- Delgado, F., Estévez, A., Martín, J. M. y Martín-Algarra, A. (1981). Observaciones sobre la estratigrafía de la formación carbonatada de los mantos alpujárrides (Cordillera Bética). *Estudios Geol.*, 37: 45-57.
- Delgado, F. y Vera, J. A. (1985). Mapa geológico escala 1:50.000 de la Cuenca del Río Adra, *Proyecto LUC-DEME. Universidad de Granada-ICONA*.
- Durand-Delga, M. (1968). Coup d'oeil sur les unités malaguides des Cordillères Bétiques. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 266: 190-193.
- Durand-Delga, M. y Fontboté, J. M. (1960). Le probleme de l'âge des nappes Alpujárrides d'Andalousie. *Revue de Geog. Phys. et de Geol. Dynamique.*, 3: 181-187.
- Durand-Delga, M. y Fontboté, J. M. (1980). Le cadre structurelle de la Méditerranée occidentale. *Mem. BRGM*, 15: 677-685.
- Durand-Delga, M. y Foucault, A. (1967). La dorsale Bétique, nouvel élément paléogéographique et structural des Cordillères Bétiques au bord sud de la Sierra Arana (Province de Grenade, Espagne). *Bull. Soc. Geol. France*, 7: 723-728.
- Egeler, C. G. (1963). On the tectonics of the eastern Betic Cordilleras (SE Spain). *Geol. Rdsch.*, 52: 260-269.

- Egeler, C. G. y Simon, O. J. (1969a). Orogenic evolution of the Betic Zone (Betic Cordilleras, Spain), with emphasis on the nappe structures. *Geol. Mijnbouw.*, 48: 296-305.
- Egeler, C. G. y Simon, O. J. (1969b). Sur la tectonique de la Zone Bétique (Cordillères Bétiques, Espagne). *Verh. Kon. Ned. Akad. Wet.*, 3: 1-25.
- Fontbote, J. M. (1986). La Cordillera Bética: Zonas Internas y unidades adyacentes. En: *Geología de España. Libro Jubilar J. M. Ríos* (J. A. Comba, edit.), IGME, Madrid, 251-343.
- García-Dueñas, V., Balanya, J. C. y Martínez-Martínez, J. M. (1992). Miocene extensional detachments in the outcropping basement of the northern Alboran Basin and their tectonic implications. *Geo-Marine Letters*, 12: 157-164.
- García Tortosa, F. (2002). *Los Complejos Tectónicos Alpujárride y Maláguide en el Sector Oriental de la Zona Interna Bética*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 413 págs.
- Geel, T. (1973). *The Geology of the Betic of Malaga, the Subbetic and the zone between these two units in the Velez Rubio area (Southern Spain)*. Gua. Papers of Geology 1, 181 págs.
- Gervilla, F., Torres-Ruiz, J., Martín J. M. y Fenoll Hach-Ali, P. (1985). Los depósitos de F-(Pb-Zn) del coto minero de Turón (Granada). *Bol. Soc. Geol. España*, 8: 219-228.
- Gonzalo y Tarín, J. (1882). Edad geológica de las calizas metalíferas de la Sierra de Gádor en la provincia de Almería. *Bol. Com Mapa Geológico de España*, IX, 104-106.
- Jacquín, J. P. (1970). *Contribution a l'étude Géologique et Minière de la Sierra de Gador*. Tesis Doctoral, Univ. Nantes, 501 págs.
- Jacquín, J. P. (1965). Présence et situation de microfaune dans le Trias alpujárride de la Sierra de Gádor (Province d'Almería, Espagne). *C.R. somm. S.G.F.*, 8: 265-267.
- Kornprobst, J. (1974). *Contribution à l'étude pétrographique et structurale de la zone interne du Rif*. Service Géologique du Maroc, Notes et Mémoires, 256 págs.
- Marín-Lechado, C., Galindo-Zaldívar, J. y Rodríguez-Fernández, L. R. (2003). Joints, faults and palaeostress evolution in the Campo de Dalías (Betic Cordilleras, southeastern Spain). *Comptes Rendus Geosci.*, 335: 255-264.
- Marín-Lechado, C., Galindo-Zaldívar, J., Rodríguez-Fernández, L. R., Serrano, I. y Pedrera, A. (2005). Active faults, seismicity and stresses in an internal boundary of a tectonic arc (Campo de Dalías and Nijar, southeastern Betic Cordilleras, Spain). *Tectonophysics*, 396: 81-96.
- Martín-Algarra, A. (1987). *Evolución geológica Alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 1171 págs.
- Martín-Algarra, A. y Vera, J. A. (2004). La Cordillera Bética y las Baleares en el contexto del Mediterráneo Occidental. En: *Geología de España* (J. A. Vera, edit.), SGE-IGME, Madrid, 890 págs.
- Martín-Martín, M., Sanz de Galdeano, C., García-Tortosa, F. y Martín-Rojas, I. (2006). New stratigraphic and structural data of the Sierra Espuña-Mula area (Murcia, Spain): significance within the evolution of the Betic-Rif Internal Zone. *Geodinamica Acta*, 19: 1-19.
- Martín-Rojas, I. (2006). *Las Unidades Internas del Sector de la Sierra de Gádor: Estructura y Evolución Geodinámica*. Universidad de Alicante, 405 págs.
- Martín-Rojas, I., Estévez, A. y Delgado, F. (2002). Structural and stratigraphic data from Felix Unit (SE Spain): Palaeogeographical Implications for the Internal Betic Zone. *Documents de Lyon*, 156: 158-159.
- Martínez-Martínez, J. M. (1986). *Evolución tectono-metamórfica del Complejo Nevado-Filábride en el sector de unión entre Sierra Nevada y Sierra de los Filabres (Cordilleras Béticas)*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 233 págs.
- Mayoral, E., Crespo-Blanc, A., Díaz, M. G., Benot, C. y Orozco, M. (1994). Rifting miocène du Domaine d'Alboran: datations de sédiments discordants sur les unités alpujárrides en extension (Sud de la Sierra Nevada, Chaîne Bétique). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319: 581-588.
- Orozco, M. (1972). *Los Alpujárrides en la Sierra de Gádor occidental*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 379 págs.
- Orozco, M., Alonso Chaves, F. M. y Nieto, F. (1997). Gravity-induced recumbent folds and low-angle normal faults in the Alpujarras region (Betic Cordilleras, Spain): implication of Miocene extensional tectonics in the western Mediterranean. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 325: 215-219.
- Orozco, M., Alonso Chaves, F. M. y Nieto, F. (1998). Development of north-facing folds and their relation to crustal extension in the Alboran domain (Alpujarras region, Betic Cordilleras, Spain). *Tectonophysics*, 298: 271-295.
- Orozco, M., Álvarez-Valero, A., Alonso Chaves, F. M. y Platt, J. P. (2004). The Lujar syncline and its significance for the fold- and sheet-structure of the Alboran Domain (Betic Cordilleras, Spain). *Tectonophysics*, 385: 85-104.
- Puga, E. (1971). *Investigaciones Geológicas en Sierra Nevada Occidental*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 269 págs.
- Puga, E., Díaz de Federico, A. y Nieto, J. M. (2002). Tectonostratigraphic subdivision and petrological characterization of the deepest complexes of the Betic Zone: a review. *Geodinamica Acta*, 15: 23-43.
- Rodríguez-Fernández, J. y Martín-Penela, A. J. (1993). Neogene evolution of the Campo de Dalías and surrounding off-shore areas (Northeastern Alboran Sea). *Geodinamica Acta*, 6: 255-270.
- Sanz de Galdeano, C. (1985). Estructura del borde oriental de la Sierra de Gádor (zona Alpujárride, Cordilleras Béticas). *Acta Geol. Hispánica*, 20: 145-154.
- Sanz de Galdeano, C., Andreo, B., García Tortosa, F. y López-Garrido, A. C. (2001). The Triassic palaeogeographic transition between the Alpujarride and the Maláguide complexes. Betic-Rif Internal Zone (S Spain, N Morocco). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 167: 157-173.

- Sanz de Galdeano, C., Delgado, F. y López-Garrido, A. C. (1995). Estructura del Alpujarride y del Maláguide al NW de Sierra Nevada (Cordillera Bética). *Rev. Soc. Geol. España*, 8: 3-17.
- Sanz de Galdeano, C., López-Garrido, A. C. y Andreo, B. (1999). The stratigraphic and tectonic relationships of the Alpujarride and Malaguide complexes in the western Betic Cordillera (Casares, prov. of Málaga, South Spain). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 328: 113-119.
- Sanz de Galdeano, C., Rodríguez-Fernández, J. y López-Garrido, A. C. (1985). A strike-slip fault corridor within the Alpujarra Mountains (Betic Cordilleras, Spain). *Geologische Rundschau*, 74: 641-655.
- Simancas, F. y Campos, J. (1993). Compresión NNW-SSE tardi a postmetamórfica y extensión subordinada en el Complejo Alpujarride (Dominio de Alborán, Orógeno Bético). *Rev. Soc. Geol. España*, 6: 23-26.
- Voermans, F., Baena, J., Ewert, K., Granados, L. F., Martínez-Díaz, C., Fernández-Luanco, M. C. y Argüelles, A. (1983). Hoja 1044 (Alhama de Almería), *MAGNA*.
- Westerveld, J. (1929). *De bouw der Alpujarras en heet tektonische verband der oostelijke betische ketens*. Tesis Doctoral, Proefschrift Delft, 120 págs.

Recibido el 10 de julio de 2006

Aceptado el 12 de noviembre de 2006