ESTRATIGRAFÍA Y ESTRUCTURA DE LAS UNIDADES ALPUJÁRRIDES EN EL BORDE OCCIDENTAL DE SIERRA NEVADA (GRANADA, ESPAÑA)

C. Sanz de Galdeano y A.C. López-Garrido.

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-Univ. Granada), Facultad de Ciencias, 18071 Granada, España.

Resumen: La revisión de las unidades alpujárrides en el oeste de Sierra Nevada muestra que, aunque era correcta la distinción de unidades previamente existente, su separación cartográfica presentaba numerosas omisiones y errores. Por ello, se han establecido series estratigráficas más precisas de las unidades, lo que ha permitido poner de manifiesto la existencia de nuevos tramos estratigráficos hasta ahora no descritos en este sector, tanto en la unidad inferior (materiales del Retiense) como en la unidad media (del Carniense y también del Retiense). Se destaca así mismo que los primeros contactos de cabalgamiento entre las unidades alpujárrides se encuentran muy afectados por una importante etapa de tectónica gravitatoria que ha producido deslizamientos de las unidades, las cuales se acuñan grandemente, tanto más cuanto más cerca del Nevado-Filábride se sitúan. Esto, que es debido al fuerte levantamiento de Sierra Nevada, ha provocado además superposiciones anormales. La edad de estos fenómenos de deslizamiento y acuñamiento hay que situarla a partir del Mioceno superior.

Palabras clave: Alpujárride, cabalgamientos, tectónica gravitatoria, Sierra Nevada.

Abstract: The revision of the Alpujarride units in the west of Sierra Nevada shows that although the previous distinction of units was correct, their cartographic separation presented numerous omissions and errors. For this reason we described more precise stratigraphic sequences of the units, allowing the knowledge of new terms of the series in this sector, both in the lower unit (Rhaetian) and in the middle one (Carnian and Rhaetian). From the tectonic point of view, the former overthrust contacts among the alpujarride units are very affected by an important stage of gravity tectonics and the units are thinned largely, so much as nearer the Nevado-Filabride they are. This fact, produced by the strong uplift of Sierra Nevada, also caused locally abnormal superposition of the units. The age of these phenomena of tectonic sliding and thinning should be estimated from the Late Miocene onwards.

Key words: Alpujárride, overthrusts, gravity tectonics, Sierra Nevada.

Sanz de Galdeano, C. y López-Garrido, A.C. (1999): Estratigrafía y estructura de las unidades alpujárrides en el borde occidental de Sierra Nevada (Granada, España). *Rev. Soc. Geol. España*, 12 (2): 187-198

El área estudiada corresponde al borde occidental de Sierra Nevada y forma, en general, las alturas intermedias entre las partes más elevadas de la sierra y la depresión de Granada. Algunos sectores son escasos de pistas para automóvil y los relieves son muy fuertes y por tanto de un acceso difícil y fatigoso; por ello, la calidad de los datos previamente existentes es muy desigual, siendo de mucha menor calidad los del sur, lejos de la carretera a Sierra Nevada.

Desde el punto de vista geológico, el área estudiada se ubica (Fig. 1) dentro de la Zona Interna Bética y en ella aparecen el Complejo Nevado-Filábride y, encima, el Alpujárride. Sobre éste se sitúan diversos materiales del Tortoniense y del paso Tortoniense-Messiniense y en los bordes de la sierra existen también otros del Serravalliense y del Plioceno-Pleistoceno, así como derrubios y conos de deyección, alguno de los cuales aún está en plena evolución.

Los primeros trabajos en los que se hace una diferenciación relativamente precisa de unidades alpujárrides en el sector occidental de Sierra Nevada son de Gallegos (1971, 1972 y 1975), quien distingue, de abajo a arriba, las unidades de Víboras, Trevenque y Fuente Piedra. Según este autor, la unidad de Víboras presenta filitas, a veces de varios colores, y carbonatos constituidos por calizas masivas y tableadas, con calcosquistos, filitas y cuarcitas intercalados. En los carbonatos hay facies de franciscanas con mineralizaciones, fluorita, y brechas intraformacionales. La unidad del Trevenque presenta filitas y cuarcitas, calizas, calizo dolomías y mármoles dolomíticos (kakiritas). La unidad de Fuente Piedra presenta micasquistos, filitas y cuarcitas y algo de carbonatos.

Estudios de sedimentología de carbonatos y dataciones, especialmente a partir de algas, fueron realizados por Martín (1976, 1978, 1980 a y b), Martín y Arana (1976), Flügel *et al.* (1984), Martín y Braga (1987) y Braga y Martín (1987 a y b). Estos trabajos, y alguno más no citado, permitieron datar algunos tramos de los carbonatos, en especial los superiores, del Noriense, en la unidad del Trevenque.

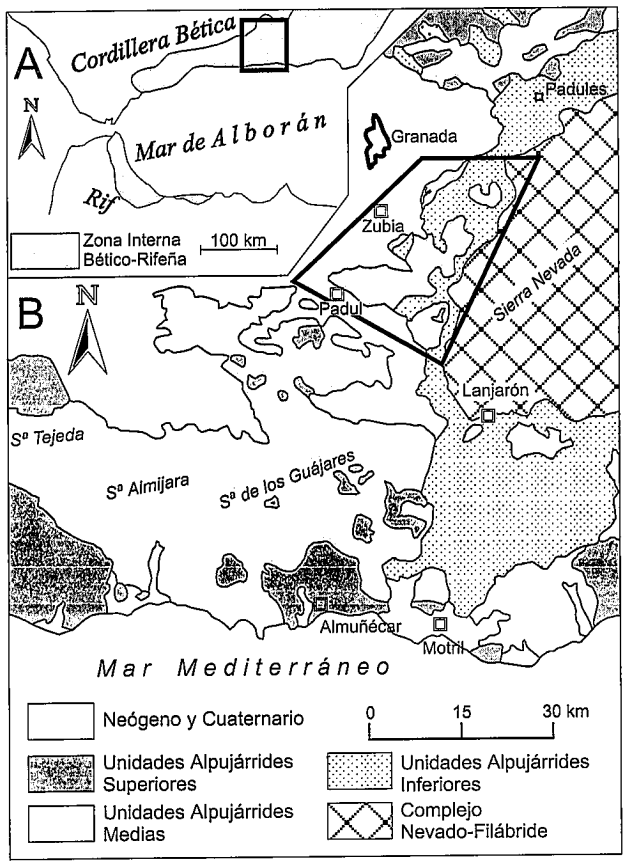

Figura 1.- Situación del área estudiada . A: localización de B dentro de la Cordillera Bética. B: situación del sector occidental de Sierra Nevada en relación a las unidades alpujárrides del N y S. El área enmarcada corresponde a la zona estudiada.

Arana y Gallegos (1971) y Arana y Martín (1975 y 1976) estudiaron las mineralizaciones existentes en la unidad de Víboras.

Díaz de Federico *et al.* (1980), González-Donoso *et al.* (1980), Avidad *et al.* (1981) y Aldaya *et al.* (1979) realizaron las hojas geológicas de Güéjar-Sierra, Padul, Dúrcal y Lanjarón, respectivamente, en las que se sitúa el área estudiada.

Azañón (1992) y Azañón *et al.* (1992) estudian la presencia de sudoita y carfolita en las metapelitas atribuidas a la unidad del Trevenque.

Existen otros artículos sobre el borde occidental de Sierra Nevada, pero no se refieren estrictamente a la diferenciación de unidades alpujárrides, ni a su estructura interna. Sí conviene citar, sin embargo, el artículo de Galindo-Zaldívar *et al.* (1996) porque señala claramente parte del mecanismo de reestructuración de los mantos alpujárrides en este sector. También hay que citar a Galindo-Zaldívar *et al.* (1989) que, al igual que numerosos otros autores, señalan una importante etapa extensional producida durante el Mioceno medio que afectó grandemente a la Zona Interna Bética.

El objetivo del presente artículo es hacer una revisión de las unidades alpujárrides existentes en este sector, describir sus principales rasgos estratigráficos y, además de mostrar la superposición inicial de unidades, describir, aunque sea someramente, los efectos que el levantamiento de Sierra Nevada ha tenido sobre ella.

Estratigrafía

Las series estratigráficas de las unidades inferior y media se han levantado en varios cortes separados entre sí, a causa de las condiciones de afloramiento. Su localización se señala en la figura 2 A. Además, los tramos que constituyen las series parciales se han numerado correlativamente (Fig. 2 B) para dar una idea de la serie sintética general de cada unidad.

Un problema importante es la dificultad de datación de series cuyos materiales están afectados por un grado de recristalización metamórfica, mayor cuanto más elevada tectónicamente está la unidad. Por ello, es preciso recurrir a correlaciones estratigráficas con otros sectores en donde ha sido posible la datación de los materiales. El trabajo de Delgado *et al.* (1981) y los posteriores de Braga y Martín (1987 a y b) y Martín y Braga (1987) permiten disponer de una columna general del Complejo Alpujárride datada a partir de asociaciones de algas Dasycladáceas, algunas de cuyas dataciones incluso fueron realizadas con muestreos efectuados dentro del sector estudiado en este trabajo. Los criterios de correlación que emplearemos serán los de la posición estratigráfica de los materiales y la similitud de la facies, utilizándolos de forma que aseguren la fiabilidad de las correlaciones establecidas.

La unidad inferior o unidad de Víboras

El cabalgamiento de la unidad del Trevenque corta a los materiales de la unidad de Víboras a diversas alturas de la serie estratigráfica y frecuentemente a favor de alguno de los niveles de mayor plasticidad de calcoesquistos o calizas margosas que aparecen en la serie. En general el grado de metamorfismo es bajo o incluso está ausente, conservándose las características sedimentarias de la roca original.

Serie del Río Torrente: La sucesión estratigráfica de estos términos basales se ha levantado a lo largo de una pista que sale desde Nigüelas hacia el norte, por ser uno de los pocos puntos donde las condiciones de observación son relativamente buenas.

Está formada, de muro a techo, por los siguientes tramos:

1) Filitas mayoritariamente de color gris azulado con algunos niveles de colores verdes y violeta púrpura, que hacia el techo intercalan niveles de cuarcitas de unos 0,1 m de espesor. La potencia mínima observable es de 100 m.

2) Calcoesquistos laminados de color pardo-amarillento, de los que los últimos 5 m presentan intercalaciones de calizas laminadas grises. El espesor total está comprendido entre 5 y 25 m.

3) Filitas con niveles de cuarcita (2 m) y calcoesquistos (0,5 m) en la parte superior iguales al tramo 1.

4) Calizas grises finamente estratificadas, con laminación algal y espesor de 5 m. Ocasionalmente aparecen muy tritura-

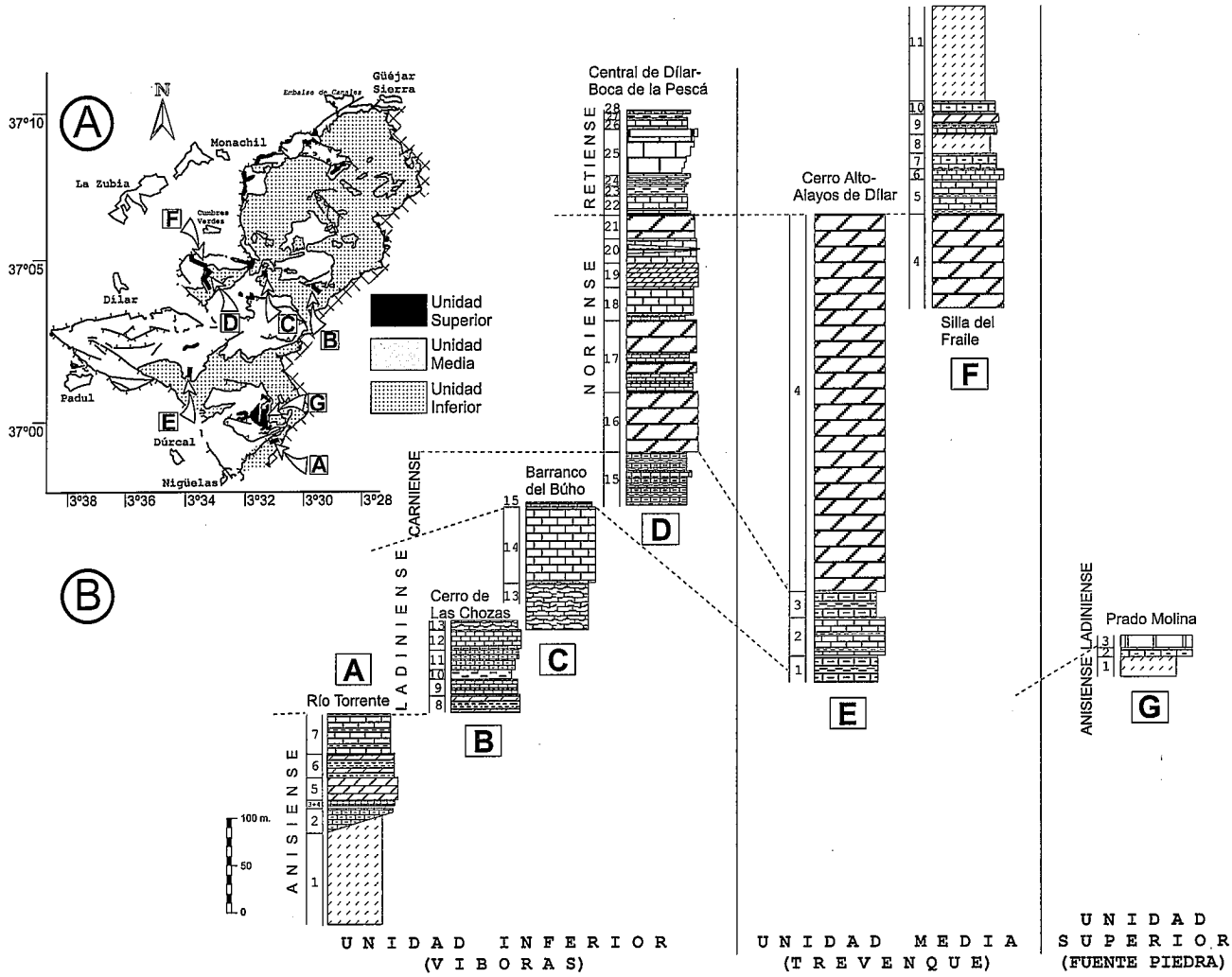

Figura 2.- Columnas estratigráficas de las unidades alpujárrides. A: en cada unidad, la posición de los cortes, en trazo negro grueso, se señala con flechas blancas. B: panel de correlación entre las series de las tres unidades alpujárrides. Los números corresponden a los tramos descritos en el texto.

das por causas tectónicas, al igual que sucede en otros tramos.

5) Dolomías. En la mitad inferior son grises oscuras, a veces negras, e intercalan delgados niveles de calcoesquistos. La otra mitad es predominantemente de color pardo grisáceo (con alternancia de bandas claras y oscuras) y presenta laminación y estratificación cruzada. A veces quedan algunos bancos de calizas sin dolomitizar en las que hay nivelillos rojos que se interpretan como posibles *hard ground*. Este tramo tiene una potencia 23 m y en su parte superior aparece triturado.

6) Calcoesquistos pardo-amarillentos con finas intercalaciones de calizas grises laminadas a las que siguen dolomías blancas y grises oscuras en las que se intercalan algunos niveles de microbrecha, calizas grises laminadas y recristalizadas, calcoesquistos pardo-amarillentos y filitas gris-verdosas. 25 m.

7) Alternancia de calizas tableadas margosas, margocalizas, margas y calcoesquistos. Destacan algunos bancos de calizas micríticas grises laminadas con nivelillos algo más groseros que se interpretan como posibles capas de tormentas. 45 m.

Esta serie puede correlacionarse por criterios de posición estratigráfica y similitud de facies con los tramos 1 a 5 de la columna datada por Braga y Martín (1987b) a partir de las asociaciones de algas Dasycladáceas reconocidas en cortes efectuados en sectores próximos de La Joya (Sierra de Lújar) y Las Juntas (Sierra de Baza). Así, los tramos 5 y 6 se correlacionarían, sin duda, con el tramo 4 de dolomías basales de Braga y Martín (1987 b), caracterizado por las asociaciones de Dasycladáceas A, B y parcialmente C, que datan el Anisiense. El tramo 7 con el tramo 5 de Braga y Martín (1987b), en el que se localiza el paso del Anisiense al Ladiniense.

Sobre estos materiales se disponen las dolomías blancas recristalizadas de la Unidad del Trevenque.

Serie del Cerro de Las Chozas: La serie se levanta por la pista que parte del Collado de Chaquetas. Los primeros 150 m sobre las filitas, muy cubiertos, son equivalentes en facies y posición estratigráfica a la serie que se acaba de describir:

8) Alternancia de dolomías grises, ocasionalmente blancas, laminadas, con margocalizas dolomíticas amarillentas. 15 m.

9) Calcoesquistos grises y pardo-amarillentos en la base a los que siguen calizas grises micríticas recristalizadas con finos

niveles de calcoesquistos intercalados. 11 m.

10) Alternancia de margocalizas pizarrosas y margas amarillentas con delgadas intercalaciones de calizas micríticas grises laminadas de hasta 0,8 m de espesor. 14 m.

11) Alternancia de calcoesquistos pardo amarillentos, con finas intercalaciones de margas, y calizas grises tableadas, recristalizadas. El espesor del tramo es de 32 m y se organiza en secuencias estratocrecientes.

12) Calizas grises finamente estratificadas entre las que destacan algunos bancos más masivos de hasta 1,5 m de espesor. 20-30 m.

13) Calizas blanco-grisáceas, en bancos de aproximadamente 1 m de espesor. Niveles laminados. A veces se observa una intensa bioturbación. A techo se localizan finos niveles de calizas margosas en plaquetas similares a las Facies Muschelkalk, si bien no se han encontrado restos de la fauna característica de estas facies. 10 m.

Serie del Barranco del Búho: Sobre niveles equivalentes a los últimos metros de calizas bioturbadas y laminadas que se acaban de citar comienza una serie compuesta por:

13) Calizas grises margosas finamente laminadas en plaquetas y calcoesquistos amarillentos, litología similar a la de las Facies Muschelkalk. 40-50 m. Sólo la base queda bien expuesta pues el resto aparece muy cubierto por derrubios de ladera.

14) Calizas recristalizadas grises masivas y oquerosas en la base; hacia techo las calizas se hacen progresivamente más dolomíticas en bancos de 1 a 3 m de espesor. Se observan algunas secuencias compuestas de brechas sinsedimentarias de cantos angulosos seguidas de niveles laminados. El cambio de potencia, entre 50 y 100 m, del conjunto carbonatado se debe a laminación tectónica.

15) Nivel más blando compuesto de calizas margosas y algunos calcoesquistos de 5 m de espesor sobre el que reposan dolomías grises oscuras que recuerdan a las facies norienses que se describirán más adelante. Sobre ellas se sitúa el contacto de cabalgamiento de la unidad del Trevenque.

El conjunto de los tramos 8 a 14 es atribuido al Ladiniense. Los criterios de correlación utilizados son su posición estratigráfica, que es equivalente a la de los tramos 6 y 7 de Braga y Martín (1987b) caracterizados por la asociación de Dasycladáceas D, del Ladiniense. El otro criterio de correlación es la presencia de niveles que muestran Facies Muschelkalk, facies que en numerosos cortes en materiales triásicos, tanto de las Zonas Internas como Externas Béticas (véase, p.e. López-Garrido *et al.* 1997), se desarrollan ampliamente en el Trias medio (Ladiniense).

Serie Central de Dílar-Boca de la Pescá: La serie se ha levantado por el camino que sube zigzagueando paralelo a la tubería de la central eléctrica. Las observaciones de la parte alta de la serie, correspondiente al supra-Noriense, se han realizado por el cortafuegos que baja desde la torre vigía de La Boca de la Pescá hasta el canal de La Espartera. Esta potente sucesión estratigráfica está constituida por:

15) Alternancia de calcoesquistos amarillentos, filitas verdes y niveles de calizas tableadas. Hacia la mitad destaca un banco de 5-7 m de calizas con laminaciones algales. 60 m.

16) Dolomías grises oscuras con restos de algas, en bancos de espesor decamétrico. 65 m.

17) Alternancia de calizas tableadas grises y crema con intercalaciones de calcoesquistos y margas dolomíticas pardo-amarillentos y dolomías grises. Las calizas presentan niveles de laminación algal y ocasionalmente están recristalizadas y marmorizadas. Las dolomías, en general masivas, están a veces trituradas y otras recristalizadas y marmorizadas. No obstante algunos bancos conservan un aspecto brechoide sinsedimentario. 80 m.

18) Calizas micríticas grises tableadas, algo recristalizadas, con restos de laminación algal; a los 5 m de la base del tramo hay un nivel de calizas recristalizadas gris pardo, de 2 m de espesor, que se acuña hacia el NE. 30 m.

19) Calizas dolomitizadas, masivas, en bancos de 0,5 a 0, 8 m de espesor. 20-25 m.

20) Calizas grises tableadas con laminación algal, conteniendo algún nivel margoso o calcoesquistoso hacia la base y un banco de calizas recristalizadas masivas que se acuñan hacia el SO. 30 m.

21) Dolomías grises brechoides, masiva, con espesor variable de hasta 25 m.

El tramo 15 puede atribuirse al Carniense. En efecto en todas las series generales del Complejo Alpujárride (p.e., Delgado *et al.* 1981; Braga y Martín, 1987b), aparece un tramo litológicamente constituido mayoritariamente por sedimentos terrígenos, intercalado estratigráficamente entre los carbonatos inferiores datados del Anisiense-Ladiniense y las dolomías superiores. Estas dolomías, que en el corte de la Central de Dílar-Boca de la Pescá corresponden a los tramos 16 a 21, son de edad Noriense. Hay abundantes estructuras algales (que permiten la datación) y los bancos masivos recristalizados y marmorizados con niveles de brechas, que a veces se acuñan; deben de corresponder a los niveles arrecifales citados por Delgado *et al.* (1981) en rocas de esta edad.

A continuación y mediante un cambio gradual en la litofacies, por tanto en contacto estratigráfico, se sitúa el siguiente tramo en el que posiblemente se localice el tránsito Noriense-supra-Noriense (Retiense):

22) En la base hay calizas tableadas grises oscuras seguidas por una alternancia de calizas recristalizadas, con margas y margocalizas. Los niveles calizos presentan laminación horizontal. 20 m.

23) Margas y margocalizas amarillentas en niveles finos, con espesor total de 8 m. Sobre estos niveles se asienta la Torre Vigía de la Boca de la Pescá.

24) Alternancia de finos niveles de calizas blancas laminadas, con margas y margocalizas en secuencias estratocrecientes. 5 m.

25) Calizas blanco-amarillentas con laminación y niveles centimétricos de margas intercaladas que se organizan en secuencias estratocrecientes. 35 m.

26) Alternancia de calizas y margocalizas grisáceas. 12 m.

27) Margas pardo amarillentas. 4 m.

28) Brecha sedimentaria calcárea (4 m) seguida por calizas margosas (2 m).

El conjunto de materiales que componen los tramos 22 a 28 son de edad Retiense por su posición estratigráfica, lo que ya señalan Delgado *et al.* (1981), si bien estos autores

los sitúan en la unidad media (Trevenque) ya que las cartografías previas atribuían todo el sector de la Boca de la Pescá a dicha la unidad. Sin embargo esta atribución es errónea de acuerdo con los datos cartográficos (Fig. 3) y estratigráficos expuestos en este trabajo, que muestran una continuidad sedimentaria entre los distintos cortes estratigráficos parciales que caracterizan la unidad inferior (Víboras).

En resumen, en esta serie sintética, con un espesor total de unos 850 m, que caracteriza a la unidad inferior se pueden distinguir los siguientes grandes conjuntos litológicos:

a) En la base filitas con un mínimo de 100 m observables.

b) Nivel muy característico de transición a los carbonatos superiores y constituido por calcoesquistos y niveles de filitas. 25 m.

c) Conjunto carbonatado compuesto mayoritariamente por dolomías, especialmente en la base, y calizas grises laminadas entre las que se intercalan calcoesquistos y margas. 200 m. En este conjunto situamos el paso Anisiense-Ladiniense.

d) Calizas grises margosas con facies análogas a las "Facies Muschelkalk". 40-60 m.

e) Calizas y calcoesquistos con filitas. 100-125 m. Hacia el techo de las calizas se localiza el paso del Ladiniense al Carniense.

f) Dolomías que intercalan varios niveles de calizas tableadas y calcoesquistos. 260 m. Noriense.

g) Calizas y margas amarillentas. 90 m. Retiense.

La unidad media o del Trevenque

Los materiales de esta unidad están en general afectados por metamorfismo de grado medio, lo que frecuentemente impide observar las características originales de los sedimentos.

Serie de Cerro Alto-Alayos de Dílar: No afloran, por causas tectónicas, los términos inferiores de filitas y cuarcitas, ni siquiera los tramos basales de los carbonatos.

La serie está formada por:

1) Alternancia de calcoesquistos pardo amarillentos, esquistos grises oscuros y niveles centimétricos de calizas marmorizadas y foliadas grises. Hacia la mitad del tramo destaca un paquete de 4 m de espesor de calizas laminadas con niveles muy finos de calcoesquistos. 22 m.

2) Calizas grises laminadas con intercalaciones de calcoesquistos pardo amarillentos. Estos son mayoritarios, en un paquete de hasta 10 m, en la parte central de la serie. Algunos niveles de brechas. En ocasiones los carbonatos pueden aparecer recristalizados y/o marmorizados. 40 m.

3) Aunque está muy cubierto, un nuevo tramo de alternancia de calcoesquistos y esquistos similares al tramo 1. 25 m.

4) Dolomías blancas recristalizadas con restos de algas y laminación horizontal entre las que aparecen dolomías grises con un espesor que supera los 450 m. Localmente presentan alguna intercalación de calcoesquistos.

Es en estas dolomías, que se extienden ampliamente por Los Alayos de Dílar y Los Cahorros de Monachil, donde Braga y Martín (1987 a y b) realizaron estudios estratigráficos y sedimentológicos en los que dataron el Noriense, a partir de la asociación de algas Dasycladáceas E, y establecieron una secuencia cíclica elemental, cuyo espesor varía entre 1 y 10 m, compuesta por: a) Biomicrita (*floatstone*) de Dasycladáceas; b) *Bafflestone* de Solenoporáceas; c) *Boundstone* de serpúlidos; d) Brechas.

Debajo de estas dolomías, datadas sin duda como Norienses, aparecen en continuidad estratigráfica los tramos 1 a 3, de litología variada pero predominantemente terrígena por lo que se pueden correlacionar sin mayores problemas con el tramo 15 de la serie Central de Dílar-Boca de la Pescá y con el tramo 8 de la columna general de Delgado *et al.* (1981) y Braga y Martín (1987b) y por tanto ser atribuidos al Carniense y posiblemente en su parte baja al Ladiniense.

Serie de la Silla del Fraile: Sobre materiales equivalentes a los que se acaban de describir, aquí constituidos por más de 100 m de dolomías blancas recristalizadas que intercalan dolomías grises y, en los últimos 5 m, un nivel de 0,5 m de calcoesquistos amarillentos, reposa, mediante un contacto estratigráfico, un conjunto supra-Noriense constituido por:

5) Alternancia de calcoesquistos pardo amarillentos y calizas laminadas grisáceas en secuencias estratocrecientes. Los primeros niveles presentan laminación algal y desde lejos se observa cómo un nivel de calizas laminadas situado a 4 m de la base se acuña rápidamente hacia el oeste. Hacia arriba los calcoesquistos están algo replegados. 37 m.

6) Calizas micríticas tableadas grises con intercalaciones de calcoesquistos pardo amarillentos. Las calizas están recristalizadas y los calcoesquistos presentan un grado metamórfico medio. Siguen calizas laminadas en bancos de 0,5-0,8 m , que se acuñan hacia el oeste. 15 m.

7) Calcoesquistos pardo amarillentos que, hacia la mitad del tramo, intercalan un banco de 5 m de espesor de calizas entre las que también aparecen delgados niveles de calcoesquistos. 17 m

8) Esquistos pardo-grisáceos con tonos plateados. 20 m.

9) La mitad inferior está formada por calizas grisáceas tableadas con laminación, con delgados niveles de calcoesquistos y un banco de 2 m de brechas dolomíticas. El resto son dolomías masivas con niveles de brechas. 22 m.

10) Margas esquistosas gris amarillentas (3 m) seguidas de calcoesquistos laminados pardo amarillentos. 10 m.

11) Mínimo observable de 100 m de esquistos de color verde y gris plata muy cubiertos.

Hasta la base del tramo 9 la serie se ha levantado por el camino-cortafuego de la Silla del Fraile, completándose el resto de la serie con observaciones efectuadas en el Barranco Hondo que corre paralelo al referido camino.

En otros puntos del afloramiento supra-Noriense (Fig. 3) se ha observado que en los calcoesquistos pardo amarillentos y en los esquistos hay intercalaciones de delgados niveles de cuarcitas.

El conjunto debe de ser atribuido al Retiense tanto por su posición estratigráfica como por el hecho de que los tramos basales son similares a los de la Boca de la Pescá, si bien aquí con un grado metamórfico medio.

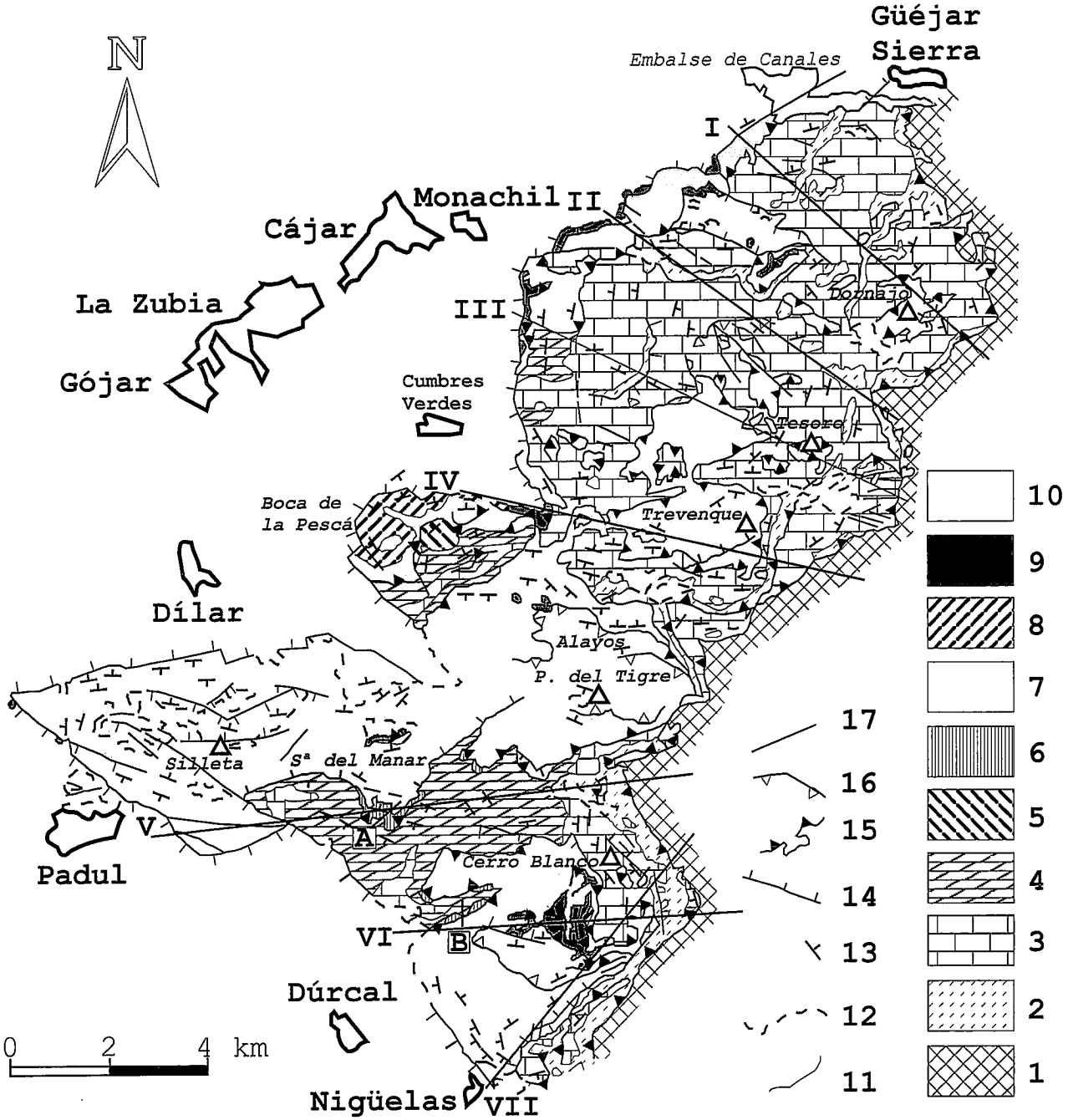

Figura 3.- Mapa geológico simplificado del área estudiada. Leyenda: 1: Nevado-Filábride indiferenciado; 2 a 5: Unidad Inferior (Víboras), 2: filitas y cuarcitas de la base, 3: calizas, dolomías y calcoesquistos, Anisiense-Carniense, 4: dolomías, Noriense. 5: calizas y margas, Retiense; 6 a 8: Unidad Media (Trevenque), 6: esquistos y mármoles, Carniense. 7: dolomías, Noriense, 8: calcoesquistos, calizas y esquistos, Retiense; 9: Unidad Superior indiferenciada (Fuente-Piedra); 10: sedimentos neógenos y cuaternarios; 11: contacto concordante; 12: contacto discordante; 13: dirección y buzamiento; 14: falla normal; 15: contacto entre unidades tectónicas; 16: duplicaciones dentro de una misma unidad debidas a deslizamientos gravitacionales; 17: posición de cortes geológicos de la figura 5. A y B corresponden a la posición de los cortes geológicos de la figura 4.

Estos materiales supra-Norienses habían sido confundidos por Gallegos (1975) y González-Donoso *et al.* (1980) con los de la unidad superior de Fuente-Piedra.

En resumen, en esta unidad media se pueden distinguir tres grandes conjuntos litológicos, cuyas edades, establecidas a partir de la datación del tramo 4 de dolomías de edad Noriense, por posición estratigráfica y correlación con otros sectores serían:

a) El inferior constituido por calcoesquistos y esquistos con calizas marmorizadas intercaladas. 90 m, del Carniense.

b) Dolomías, más de 450 m, del Noriense.

c) Calcoesquistos y calizas en la base y esquistos a techo, 225 m, del Retiense.

La unidad superior o de Fuente Piedra:

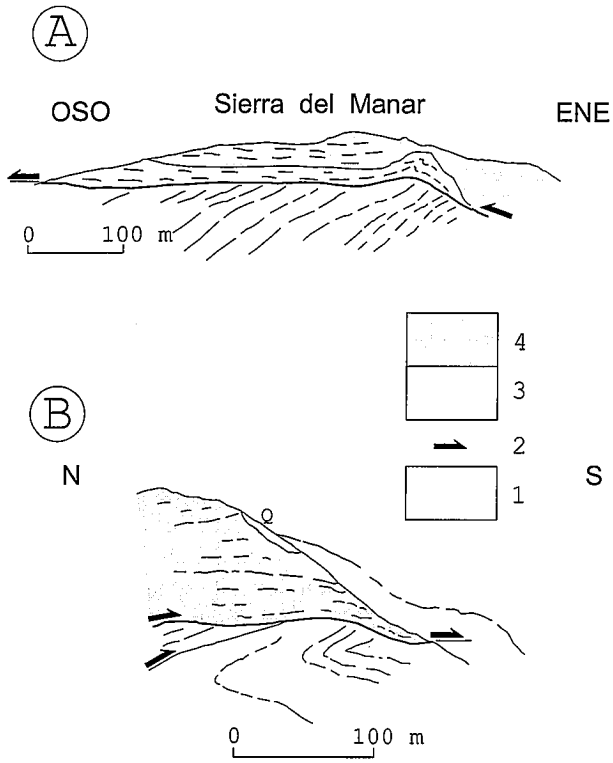

Figura 4.- Cortes geológicos de detalle en el sector del Manar (ver situación en figura 3). Leyenda: 1: unidad de Víboras, corresponden a términos carbonatados del Carniense y Noriense. 2: posición de contactos tectónicos. 3 y 4: unidad del Trevenque, 3: esquistos y mármoles carnienses. 4: dolomías norienses.

Los materiales presentan un grado de metamorfismo medio-alto.

Serie del Cortijo de Prado Molina: El corte se realiza por la pista que conduce al cortijo que da nombre a la serie.

1) Esquistos grises-oscuros. En otros afloramientos se observan intercalaciones de cuarcitas grises amarillentas, de grano fino, en bancos de 1-2 m de espesor. 8-10 m.

2) Calcoesquistos pardo-amarillentos. 3 m.

3) Mármoles, que en la base son de color crema y gris y después presentan bandas alternantes de colores blancos, cremas y grises (mármoles foliados). A techo son grises y de aspecto brechoide. Por correlación con otros sectores próximos, sólo debe estar representado el Anisiense-Ladiniense. 8-10 m.

Sobre ellos se sitúan los materiales conglomeráticos del Mioceno superior, por lo que sólo se conservan retazos de la serie original, que está mucho mejor expuesta especialmente en sectores más meridionales (Gallegos, 1975).

El Neógeno y el Cuaternario

Los materiales del Neógeno y Cuaternario afloran principalmente al pie de las estribaciones de Sierra Nevada, en los bordes de las depresiones de Granada y Padul. Sin embargo, son de especial importancia los restos de materiales neógenos que, de forma dispersa, se localizan en diversos puntos y a diferentes cotas sobre las series triásicas alpujárrides (Fig. 3).

La litología de los materiales neógenos es variada. Así, en la Silleta del Padul es un conglomerado exclusivamente constituido por cantos angulosos de las propias dolomías subyacentes, cementados por una matriz calcárea con restos de algas. En cambio, en el Cortijo de Prado Molina (a 1.755 m de altura) afloran únicamente unos 50 m de conglomerados de cantos redondeados cementados por una matriz calcarenítica. Los cantos son, en general, de un tamaño medio de 3 a 4 cm, aunque también hay otros de hasta 8 ó 10 cm y ocasionalmente más grandes, todos ellos de procedencia alpujárride. Existen algunos niveles intercalados bioclásticos y se han encontrado restos de ostréidos.

En el afloramiento de Pico Puntales del Tigre, en el sector de los Alayos (cuya existencia se cita en este artículo por primera vez), y a una altura de 1.830 m, afloran, sobre dolomías de la unidad del Trevenque, calcarenitas con briozoos y bivalvos y también conglomerados y margas arenosas. En total se conservan unos 10 m de espesor. Encima se dispone una brecha, de la que sólo se conservan varios metros, formada por cantos provenientes del Nevado-Filábride, equivalente probable de la Block-Formation de la Cuenca de Granada, del Tortoniense superior.

En el resto de los afloramientos sobre materiales alpujárrides, así como en los bordes de las depresiones adyacentes, la litología predominante es la de un conglomerado basal, más o menos discontinuo, similar al descrito anteriormente, al que le siguen calcarenitas bioclásticas y calizas organógenas con restos de pectínidos y ostréidos. Sobre ellos se dispone un conjunto de arcillas, limos y areniscas. Estos materiales neógenos han sido datados como Mioceno superior por González Donoso *et al.* (1980).

En cuanto a los materiales más recientes, son especialmente llamativos los abanicos aluviales, conos de deyección y pie de monte de diversas generaciones y edades comprendidas entre el Plioceno y el Cuaternario (González Donoso *et al.* 1980) que se extienden al pie de la Sierra en las inmediaciones de La Zubia, Dílar, Dúrcal y Padul.

Tectónica

La separación de unidades

El orden de superposición de unidades que señala Gallegos (1975) es adecuado a nuestro juicio, si bien en su diferenciación hemos encontrado numerosos aspectos a corregir. La diferenciación es bastante correcta en el área situada al N del Pico Trevenque, de manera que allí distinguen bien los materiales de la unidad del Trevenque, formados exclusivamente por carbonatos del Trías superior, generalmente dolomías muy trituradas. En su base existen, de forma discontinua, filitas y cuarcitas, que Gallegos (1975) y Díaz de Federico *et al.* (1980) atribuyen a la base de la unidad del Trevenque,

pero que nosotros consideramos pertenecientes a la unidad de Víboras. Debajo y separados tectónicamente por una superficie de falla muy tendida, se encuentran los carbonatos de Víboras, del Trías medio-superior, que en la base presentan filitas y cuarcitas (columna A, Fig. 2B).

Con la salvedad dicha, la distinción entre unidades en ese sector es generalmente adecuada. Sin embargo, desde el sector del Trevenque hacia el sur, los autores antes citados no separan adecuadamente las unidades de Víboras y del Trevenque. Así, el contacto entre ambas unidades en la ladera sur del Trevenque está marcado por una superficie de despegue bastante neta, con varios metros de espesor de brecha y harina tectónica en algunos puntos, visible casi por todo su recorrido, y localmente con estrías claramente definidas. Encima de esa superficie se sitúan las dolomías norienses de la unidad del Trevenque y debajo se encuentran, en conjunto cortadas en bisel, las calizas, a veces tableadas y con Facies Muschelkalk, y dolomías de la unidad de Víboras. Localmente, hacia el oeste, también se conservan dolomías norienses de la unidad de Víboras, bajo la unidad del Trevenque.

En este sector meridional, tan sólo se observan filitas bajo las dolomías norienses de la unidad del Trevenque en las proximidades del contacto con el Complejo Nevado-Filábride. Las atribuimos a la unidad de Víboras. Este contacto entre las unidades de Víboras y del Trevenque muestra el suficiente contraste litológico para que al menos hubiera sido señalado como un contacto de cizalla interno de una unidad.

Más al sur, la separación entre ambas unidades es bastante difícil. Las facies de las dolomías norienses de ambas unidades son generalmente muy parecidas e incluso el grado de metamorfismo que se aprecia de "*visu*" puede ser similar. Ha sido útil el hecho de que en el sector de la Sierra del Manar, las dolomías norienses de la unidad del Trevenque muestran en su base unos esquistos, bastante oscuros (columna E de la figura 2 B), entre los que se intercalan carbonatos marmorizados y foliados, que atribuimos al Carniense, que se superponen a las dolomías norienses de la unidad de Víboras, que allí son más oscuras y mates. El contacto muestra además un claro cepillamiento de la parte superior de las dolomías de la unidad de Víboras (Fig. 4 A y B), corroborando de ese modo su carácter tectónico. Este contacto se ha seguido, aunque con dificultad en algún punto, y ha permitido la separación de las dos unidades en el sector que va de la Sierra del Manar hacia el E.

La presencia de los esquistos grises oscuros con mármoles intercalados situados en continuidad sedimentaria bajo las dolomías norienses de la unidad del Trevenque es el principal argumento para rechazar que las filitas y cuarcitas que, especialmente en el sector norte, aparecen bajo dichas dolomías, correspondan a la unidad del Trevenque. Es decir, lo que estratigráficamente hay bajo éstas son los esquistos citados (columna E, Fig. 2 B), que, a buen seguro, originalmente tendrían hacia muro calizas y dolomías marmorizadas, si se comparan con unidades equivalentes (Delgado *et al.*, 1981; Sanz de Galdeano, 1986 y 1990; Sanz de Galdeano *et al.*, 1995 a , b) tales como la unidad de Almijara o de Blanquizares. En este sector de las proximidades de Sierra Nevada no aparece la base de los carbonatos, al contrario de lo que ocurre en las Sierras Almijara y Tejeda o en las de Baza y, en parte, al NO de Sierra Nevada, donde localmente se conservan.

En el sector de la Boca de la Pescá es difícil la separación de unidades si no se hace una cartografía de cierto detalle, dada la gran similitud de las facies norienses de ambas unidades, aunque el Noriense de la unidad de Víboras intercala en general más calcosquistos (véanse las columnas D y E de la figura 2 B). Sin embargo, es clara la superposición geométrica de la unidad de Trevenque sobre la de Víboras. Así, en ese sector, sobre el Noriense de la unidad de Víboras aflora el Retiense, que termina por unas margas amarillentas claramente distinguibles y un delgado nivel de brechas. Sobre estas margas y brechas se sitúan, separadas por un contacto tectónico, las dolomías norienses blancas de la unidad del Trevenque sobre las que se sitúa el mejor afloramiento Retiense de esta unidad del Trevenque. Este afloramiento presenta materiales algo más oscuros, con una neta mayor recristalización que los de la unidad de Víboras y además en ellos se observa una lineación de microplegamiento, no visible en esta unidad.

El efecto del levantamiento de Sierra Nevada en las superficies originales de cabalgamiento entre las unidades y en la propia estructura de éstas

Los contactos entre las unidades están muy afectados por una tectónica gravitatoria, tanto más cuanto más cerca se está del contacto del Complejo Alpujárride con el Complejo Nevado-Filábride. Actualmente, el Alpujárride, que se superpuso sobre el Nevado-Filábride, se encuentra deslizado gravitatoriamente (hecho puesto de manifiesto por Galindo-Zaldívar, (1993) y Galindo-Zaldívar *et al.*, (1989, 1990, 1991, 1996) cuando describen fallas normales de bajo ángulo), y enormemente acuñado (Fig. 5). Pero esto sucede igualmente dentro de las propias unidades Alpujárrides. Por ello, el contacto de la unidad de Víboras con la del Trevenque responde siempre, en este sector del borde occidental de Sierra Nevada próximo al Nevado-Filábride, a nuevas superficies, que son verdaderas superficies de deslizamiento gravitatorio. (Conviene aclarar que en este artículo se utiliza el término deslizamiento gravitatorio en el sentido de *gravity tectonics*, es decir la tectónica en la cual el mecanismo dominante es la fuerza de la gravedad, sin que deba de entenderse como un simple deslizamiento de ladera: corresponden a fallas normales de bajo ángulo, localmente de gran ángulo. El levantamiento de Sierra Nevada, producido a la vez que se formaba el gran antiforme que hoy presenta dicha sierra, indujo esta tectónica).

Para evaluar la importancia de esta tectónica gravitatoria hay que recordar la existencia de un afloramiento de

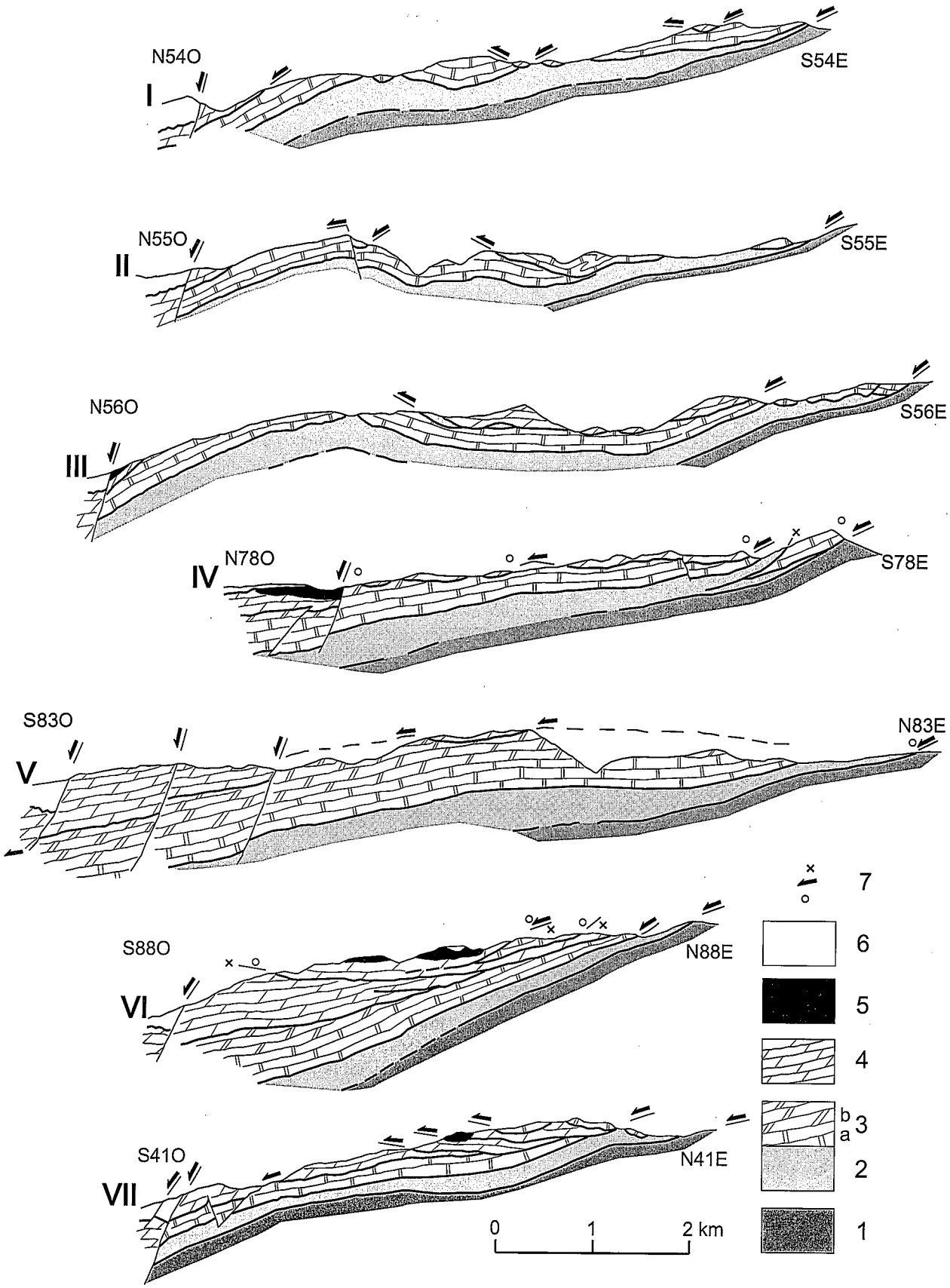

Figura 5.- Cortes geológicos en las unidades alpujárrides del borde occidental de Sierra Nevada (ver situación en figura 3). Leyenda: 1: Complejo Nevado-Filábride indiferenciado. 2 y 3: Unidad de Víboras; 2: filitas de la base. 3: tramos carbonatados del Trías medio y superior. a: tramos calizos y calcoesquistosos, b: Noriense dolomítico. 4: Unidad del Trevenque, dolomías del Noriense; localmente esquistos y mármoles carnienses en la base. 5: Unidad de Fuente-Piedra indiferenciada. 6: sedimentos neógenos y cuaternarios. 7: Las flechas indican dirección de desplazamiento. Los círculos y cruces muestran el movimiento relativo con respecto al lector. Los círculos indican aproximación, al contrario que las cruces.

Mioceno superior, situado al sur del Trevenque, a una altura de 1.830 m. Sin duda han existido otros más altos y hay que tener en cuenta que se encuentra situado sobre la unidad del Trevenque, la cual ha descendido, juntamente con la unidad de Víboras, resbalando sobre el Complejo Nevado-Filábride, posiblemente más de 1000 m. Supone esto, que de no haberse erosionado y descendido, existirían afloramientos del Mioceno superior a unos 2.800 m. Es decir, Sierra Nevada se ha levantado en un lapso de tiempo muy corto y se ha producido esta tectónica gravitatoria concomitante con el levantamiento.

Las direcciones de movimiento observadas son hacia el O y hacia el SSO, ésta última ya señalada por Galindo-Zaldívar *et al.* (1996), aunque no indican que las superficies que miden responden en muchos casos a contactos entre unidades. De hecho nosotros lo hemos sabido tras realizar la cartografía detallada de la zona, pues las cartografías anteriores no indicaban el contacto entre unidades en varios de esos sectores situados del Pico Trevenque hacia el sur, que es donde mejor se ven esas superficies de cizalla. En el sector NO del área estudiada se han observado también movimientos hacia el ONO y hacia el NO.

Existen también superficies de deslizamiento gravitatorio que afectan individualmente a las unidades, o que cortan el contacto entre ellas. Su aspecto en el campo es el de cabalgamientos pues repiten algunos tramos dentro de una unidad, o la unidad entera, e incluso en un sector llegan a poner la unidad de Víboras sobre la del Trevenque, pero realmente se trata de deslizamientos que en los sectores centro y sur del área estudiada presentan estriaciones que indican generalmente un sentido de movimiento hacia el SSO. En el sector norte, la mayoría de los deslizamientos son hacia el O o incluso hacia el ONO y NO.

Como ya se ha indicado, el origen de estas estructuras hay que buscarlo en el levantamiento de Sierra Nevada, por el que las unidades se deslizan y caen repitiéndose. Con este mecanismo se ha originado la escama de Víboras, que se reconoce de forma más o menos continua desde el cerro del Tesoro hasta el sur del área estudiada. Igualmente atribuimos el mismo mecanismo a la superposición de Víboras sobre Trevenque en el sector de Cerro Blanco.

En la unidad del Trevenque se ven, aunque en algunos casos tan sólo llegan a adivinarse, superposiciones dentro de las propias dolomías norienses (Figs. 3 y 5). La existencia a techo de los materiales del Retiense o de la unidad de Fuente Piedra permite tener sendos niveles guía que testimonian la realidad de las superposiciones. Es seguro que algunas de ellas pueden haber pasado desapercibidas y, de las observadas, tan sólo se marca la traza donde se ven con claridad.

Estas superposiciones dejan de producirse hacia el exterior de Sierra Nevada, especialmente las referidas a duplicaciones dentro de la misma unidad. Igualmente, el acuñamiento general de las unidades alpujárrides, producido cerca del contacto con el Complejo Nevado-Filábride, disminuye rápidamente cuando nos alejamos de él (Fig. 5). Por ello, el contacto entre la unidad del Trevenque sobre la de Víboras muestra claramente biselamientos en las series. Así, mientras en el sector norte esta última unidad tan sólo conserva a techo los materiales del Ladiniense-Carniense (y localmente sólo las filitas de la base) en el sector oeste, en el área de la Boca de la Pescá, y en el suroeste, en la Sierra del Manar, se conservan también los materiales del Noriense y del Retiense.

En varias ocasiones hemos mencionado las filitas que, bajo la unidad del Trevenque, se encuentran en el sector N del área, y tan sólo en un punto en el central, cerca del contacto con el Complejo Nevado-Filábride. En anteriores publicaciones (Gallegos, 1975; Díaz de Federico *et al.*, 1980; Azañón, 1992) estas filitas se atribuyen a la base de la unidad del Trevenque, mientras que nosotros las atribuimos a la unidad de Víboras. Ya se dejó constancia que bajo las dolomías norienses de la unidad del Trevenque, donde se conserva bien la base, lo que se observa es una sucesión de esquistos grises-oscuros con mármoles foliados intercalados; es decir, una sucesión bien distinta de las filitas, las cuales son en todo similares a las de la unidad de Víboras. Descartada la pertenencia a la unidad del Trevenque caben varias interpretaciones. a).- que se trate de una unidad superior a Víboras e inferior a Trevenque, pero nos parece extraño que tan sólo se conserve parte del tramo de filitas, además de que en sectores algo más alejados de Sierra Nevada, fuera del área ahora estudiada, (al NO y SE) no se tiene constancia de la presencia de dicha unidad. b).- que se trate de una escama alta de Víboras, con lo que no habría que apelar a la existencia de una nueva unidad. c).- que sean efectivamente las filitas de la base de Víboras, despegadas de los carbonatos que tenían originalmente a techo y posteriormente arrastradas por las dolomías norienses de la unidad del Trevenque. En cualquiera de estos casos, la sudoita y la carfolita que citan Azañón (1992) y Azañón *et al.* (1992) en las metapelitas (las filitas cuyo origen se discute) de la unidad del Trevenque, habría que atribuirlas a la unidad inferior, la de Víboras o bien a la hipotética unidad situada entre las de Víboras y Trevenque.

Tan sólo el contacto de la unidad de Fuente Piedra con la del Trevenque conserva rasgos de la superficie original de cabalgamiento. Generalmente la unidad de Fuente Piedra cabalga a los materiales retienses, o si acaso a los norienses, pero en sus términos más altos, tal como se observa por ejemplo más al sur, en la Sierra de los Guájares y Almijara (Sanz de Galdeano, 1986, 1990). Aún así, en algunos puntos hemos observado la superficie del cabalgamiento afectada por los citados movimientos hacia el SSO, aunque el contacto de la unidad de Fuente Piedra se mantenga sobre restos del Retiense o del techo del Noriense de la unidad del Trevenque.

A este respecto, hay que señalar que se han cartografiado varios afloramientos de la unidad de Fuente Piedra hasta ahora desconocidos. Algunos son pequeños, del orden del centenar de metros de extensión, situados en los Alayos, montes de difícil acceso y fatigosos de andar, pero existe un afloramiento muy grande, de unos 2 x 2 km al NE de Nigüelas, en el sector del Cortijo Prado de Molina, que se corta por pistas ya antiguas, el cual, sin embargo,

había pasado desapercibido. Igualmente existe allí un afloramiento de materiales del Mioceno superior, de más de 1 km de largo, que se sitúa hasta 1.755 m de altura, no citado en trabajos previos, aunque sí ha sido indicado por Sanz de Galdeano (1996).

En cuanto a la estructura interna de las unidades, hay que señalar que en el sector norte del área estudiada existen algunos pliegues hectométricos a kilométricos de dirección N-S a NNE-SSO, cuya formación la atribuimos a la misma tectónica gravitacional que produjo las fallas de bajo ángulo.

Cronología de las superposición de unidades

Sobre la edad de la primera etapa de superposición de unidades aquí contemplada no se tienen referencias directas. Tan sólo indirectamente, a escala de la Cordillera, se puede pensar (Sanz de Galdeano, 1997) que debió quedar ya finalizada durante el Oligoceno superior, a lo sumo a inicios del Aquitaniense (en la parte occidental de la Zona Interna Bética y en sectores que están en contacto con la Zona Externa Bética existen superposiciones, a veces retrocabalgantes, bastante más modernas, producidas fundamentalmente durante el Burdigaliense, inferior a base del medio). Posteriormente ha tenido lugar una importante etapa de tectónica extensional, tal como señalan Galindo-Zaldívar *et al.* (1989), a la que se ha atribuido buena parte de los rasgos ahora descritos y que se produjo fundamentalmente durante el Mioceno medio. Sin embargo, en este sector de Sierra Nevada, parte de los rasgos que se han relacionado con dicha etapa han de ser atribuidos a la de tectónica gravitacional producida por el levantamiento (a la vez que se producía el gran antiforme) de Sierra Nevada. Este levantamiento debió iniciarse tímidamente en el Mioceno medio, hacia el Serravalliense, pero no es hasta el Tortoniense cuando se depositan, en las cuencas neógenas vecinas, los primeros cantos heredados del Nevado-Filábride. Y, en particular, no es hasta finales del Tortoniense cuando se nota una elevación importante, traducida por los depósitos de la Block Formation, datados por Dabrio y Ruiz-Bustos (1979) como del Tortoniense superior-Messiniense.

Sedimentos del Tortoniense se encuentran a casi 2.000 m de altitud y lógicamente se han perdido buena parte de los afloramientos. Quiere esto decir que el levantamiento de Sierra Nevada se ha producido fundamentalmente a partir de esa edad, y a la misma hay que atribuir los deslizamientos que afectan al Alpujárride en este área. Algunos rasgos observados en el Nevado-Filábride muestran que, al menos la unidad más alta del manto del Mulhacén, también presenta rasgos de tectónica gravitatoria.

Conclusiones

La distinción de unidades alpujárrides en el oeste de Sierra Nevada era correcta en sus líneas fundamentales, pero la separación cartográfica de las mismas presentaba numerosas omisiones y errores. Existen más tramos estratigráficos que los anteriormente descritos, tanto en la unidad de Víboras como en la del Trevenque. En ambas unidades existen materiales del Retiense muy bien conservados localmente .

Los contactos de cabalgamiento originales entre las unidades alpujárrides se encuentran extremadamente afectados, tanto más cuanto más cerca del Complejo Nevado-Filábride aparecen. Se ha producido una importante tectónica gravitatoria que han dado lugar a superposiciones anormales de las unidades, repeticiones y acuñamientos muy importantes de las unidades. Esto es debido al levantamiento de Sierra Nevada. La edad de estos últimos fenómenos hay que situarla a partir del Tortoniense superior.

Este artículo es una contribución de los proyectos PB97-1267-C03-01 y PB97-1201 de la DGESIC y de los grupos RNM 0163 y RNM 0217 de la Junta de Andalucía. Agradecemos las correcciones y sugerencias de los Dres. Alonso Chaves y Santiago Hernando, así como las hechas por el Editor, que han mejorado el manuscrito original.

Bibliografía

Aldaya, F., Martínez García, E., Díaz de Federico, A., Puga, E., García-Dueñas, V. y Navarro-Vila, F. (1979): *Mapa Geológico de España*, e:1:50.000, hoja 1042 (Lanjarón). I.G.M.E., 65 p.

Arana, R. y Gallegos, J.A. (1971): Petrología y mineralizaciones de la Unidad de las Víboras (Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 2,2: 49-88.

Arana, R. y Martín, J.M. (1975): Estudio geológico de las mineralizaciones de fluorita de la Unidad de las Víboras (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 6: 75-88.

Arana, R. y Martín, J.M. (1976): Observaciones geológicas sobre las Minas del Cerrajón (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Acta Geol. Hisp.*, 11: 1129-1321.

Avidad, J., García-Dueñas, V., Gallegos, J.A. y González Donoso, J.M. (1981): *Mapa Geológico de España,* e:1:50.000, hoja 1041 (Dúrcal), I.G.M.E., 45 p.

Azañón, J.M. (1992): Nota preliminar sobre la presencia de sudoita en las metapelitas de la unidad del Trevenque, Alpujárrides centrales. *Geogaceta*, 12: 68-70.

Azañón, J.M., García-Dueñas, V. y Goffé, B. (1992): High pressure mineral assemblages in the Trevenque Units (Central Alpujarrides, Andalucia). *Geogaceta*, 11: 81-85.

Braga, J.C. y Martín, J.M. (1987 a): Sedimentación cíclica lagunar y bioconstrucciones asociadas en el Trías superior alpujárride. *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 459-473.

Braga, J.C. y Martín, J.M. (1987 b): Distribución de las algas dasycladáceas en el Trías Alpujárride. *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 475-489.

Dabrio, C.J. y Ruiz-Bustos, A. (1979): Les conglomérats de la «Blockformation» et leur signification dans l'evolution néogene du bassin de Grenade (Cordillères Bétiques, Espagne). *C.R. Seanc. Soc. géol. France*, Paris, 2: 53-55.

Delgado, F., Estévez, A., Martín, J.M. y Martín Algarra, A. (1981): Observaciones sobre la estratigrafía de la formación carbonatada de los mantos alpujárrides (Cordilleras béticas). *Estudios geol.*, 37: 45-57.

Díaz de Federico, A., Puga, E., Burgos, J., Gallegos, J.A., y

Sanz de Galdeano, C. (1980): *Mapa Geológico de España*, e:1:50.000, hoja 1027 (Güéjar-Sierra), I.G.M.E., 53 p.

Flügel, E., Flügel-Kahler, E., Martín, J. M. y Martín-Algarra, A. (1984): Middle Triassic Reefs from Southern Spain. *Facies*, 11: 173-218.

Galindo Zaldívar, J. (1993): *Geometría de las deformaciones neógenas en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)*. Tesis Doctoral Univ. Granada. Monográfica Tierras del Sur, 249 p.

Galindo-Zaldívar, J. y González-Lodeiro, F. (1990): Diaclasas de tensión regionales en el complejo Nevado-Filábride y su relación con el contacto Alpujárride-Nevado-Filábride (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Geogaceta*, 7: 9-11.

Galindo-Zaldívar, J., González-Lodeiro, F. y Jabaloy, A. (1989): Progressive extensional shear structures in a detachment contact in the Western Sierra Nevada (Betic Cordilleras, Spain). *Geodinamica Acta*, 3: 73-85.

Galindo-Zaldívar, J., González-Lodeiro, F. y Jabaloy, A. (1991): Geometry and kinematics of post-Aquitanian brittle deformation in the Alpujárride rocks and their relation with the Alpujárride/Nevado-Filábride contact. *Geogaceta*, 10: 130-134.

Galindo-Zaldívar, J., Jabaloy, A. y González-Lodeiro, F. (1996): Reactivaction of the Mecina detachment in the western sector of Sierra Nevada (Betic Cordilleras, SE Spain). *C. R .Acad. Sc. Paris*, 323, IIa: 615-622.

Gallegos, J.A. (1971): Los Alpujárrides al NW de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas). Nota preliminar. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 2: 3-14.

Gallegos, J.A. (1972): Etapas de plegamiento en los Alpujárrides al NW de Sierra Nevada, Cordilleras Béticas. *Bol. Geol. Min. España*, 83: 595-610.

Gallegos, J.A. (1975): *Los Alpujárrides al W de Sierra Nevada*. Tesis Doctorales Univ. Granada, nº 111: 494 p.

González-Donoso, J.M., Gallegos, J.A. y Sanz de Galdeano, C. (1980): *Mapa Geológico de España*, e:1:50.000, hoja 1026 (Padul), I.G.M.E., 42 p.

López-Garrido, A.C., Pérez-López, A. y Sanz de Galdeano, C. (1997): Présence de faciès Muschelkalk dans des unités alpujarrides de la région de Murcie (Cordillère bétique, sud-est de l'Espagne) et implications paléogéographiques. *C.R.Ac.Sci.Paris*, 324, 647-654.

Martín, J.M. (1976): Estudio geológico de las Minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Estudios geol.*, 32: 385-390.

Martín, J.M. (1978): Evolución diagenética de un sector de los materiales carbonatados de la Unidad Víboras (Mantos Alpujárrides, NW Sierra Nevada). *Bol. Geol. Min.*, 89: 303-319.

Martín, J.M. (1980 a): *Las dolomías de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctorales Univ. Granada, nº 265: 201 p.

Martín, J.M. (1980 b): Dolomías Alpujárrides. *Rev. Int. Invest. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 34: 125-134.

Martín, J.M. y Arana, R. (1976): Estudio geológico de las Minas del Aguila (Sierra Nevada, Cordilleras Béticas). *Estudios geol.*, 32: 385-390.

Martín, J.M. y Braga, J.C. (1987): Bioconstrucciones del Anisiense-Ladiniense en el Trías Alpujárride. *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 421-444.

Sanz de Galdeano, C. (1986): Structure et stratigraphie du secteur oriental de la Sierra Almijara (Zone Alpujarride, Cordillères Bétiques). *Estudios geol.*, 42: 281-289.

Sanz de Galdeano, C. (1990): Estructura y estratigrafía de la Sierra de los Guájares y sectores próximos (Conjunto Alpujárride, Cordilleras Béticas). *Estudios geol.*, 46: 123-134.

Sanz de Galdeano, C. (1996): Neotectónica y Tectónica Activa en el sector de Padul-Dúrcal (Borde SW de Sierra Nevada, España). *1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada, 20-22 de marzo de 1996*. Granada. Vol. 1: 219-231.

Sanz de Galdeano, C. (1997): *La Zona Interna Bético-Rifeña (Antecedentes, unidades tectónicas, correlaciones y bosquejo de reconstrucción paleogeográfica)*. Monográfica Tierras del Sur, Univ. de Granada, 316 p.

Sanz de Galdeano, C., Delgado, F. y López-Garrido, A.C. (1995 a): Unidades alpujárrides y maláguides al NE de Granada (Cordillera Bética). *Geogaceta*, 18: 167-169.

Sanz de Galdeano, C., Delgado, F. y López-Garrido, A.C. (1995 b): Estructura del Alpujárride y del Maláguide al NW de Sierra Nevada (Cordillera Bética). *Rev. Soc. Geol. España*, 8: 239-250.

Manuscrito recibido el 27 de Mayo de 1998
Aceptado el manuscrito revisado el 7 de Enero de 1999