

## STRUCTURE ET STRATIGRAPHIE DU SECTEUR ORIENTAL DE LA SIERRA ALMIJARA (ZONE ALPUJARRIDE, CORDILLERES BETIQUES)

C. Sanz de Galdeano (\*)

### RESUME

La série stratigraphique de la Sierra Almjara est formée, a sa base, par des schistes et des quartzites, sur lesquels se trouve une puissante formation divisée en trois termes. Deux d'entre eux sont de marbres et ils sont séparés par un troisième de schistes, calcoschistes et marbres. La structure montre des plis serrés, de direction N70 et d'autres qui semblent postérieurs de direction NNW-SSE. D'importants décrochements et failles inverses les coupent. On distingue seulement une nappe dans la zone étudiée: celle d'Almjara.

**Mots-cléf:** *Alpujarride, plissement, nappes, Trias.*

### RESUMEN

La serie estratigráfica de Sierra Almjara está formada en su base por esquistos y cuarcitas sobre los que se sitúa una potente formación dividida en tres tramos. Dos de ellos son de mármoles y están separados por otro de esquistos, calcosquistos y mármoles. La estructura muestra apretados pliegues de dirección N70 y otros aparentemente posteriores de dirección NNW-SSE. Importantes fallas de desgarre e inversas los cortan. Sólo se distingue un manto en el área estudiada: el de Almjara.

**Palabras clave:** *Alpujarride, plegamiento, mantos, Trias.*

### Introduccion

Dans ce travail on essaie de faire connaître la structure et la stratigraphie de la Sierra Almjara. La tâche n'est pas facile car l'interprétation tectonique dépend en grande partie de la justesse de l'identification des niveaux stratigraphiques et quelques-uns d'entre eux se ressemblent énormément. C'est pour cela qu'on est conscient qu'une partie des interprétations peuvent être erronées. On a malgré tout suffisamment confiance aussi bien dans les caractéristiques stratigraphiques que dans les tectoniques, pour proposer une cartographie du secteur et une interprétation régionale qui modifie certainement de façon substantielle les différenciations d'unités proposées antérieurement. Cette interprétation simplifie ces différenciations d'unités en même temps qu'elle précise davantage la structure de l'Alpujarride dans ce secteur. Pour cela on a réalisé une cartographie sur photo aérienne

a échelle 1:18.000 et dans quelques secteurs a plus grande échelle grâce aux photos d'un vol spécial.

La région étudiée est située au bord Sud du bassin de Grenade et est limitée du point de vue géographique à l'Est par la route de Grenade à Almuñécar, qui sépare pratiquement la Sierra de Los Guájares à l'Est de celle de la Almjara à l'Ouest. Au Sud la limite prise se trouve a un ou deux km au S du changement de pente entre les grandes montagnes de la Almjara, formées essentiellement par des marbres, et les collines occupées en plus grande partie par des schistes, lesquels perdent rapidement de la hauteur et arrivent à peu de distance à la mer. Vers l'Ouest c'est le río Cacin et le méridien de Frigiliana qui servent de limite. De cette façon, la partie occidentale de Sierra Almjara reste en dehors, et forme un bloc continu avec Sierra Tejada située encore plus à l'Ouest. Au Nord, les reliefs déprimés du bassin de Grenade forment la limite (voir figures 1 et 2).

(\*) Instituto Andaluz de Geología Mediterránea. C.S.I.C. Facultad de Ciencias. 18071-Granada.

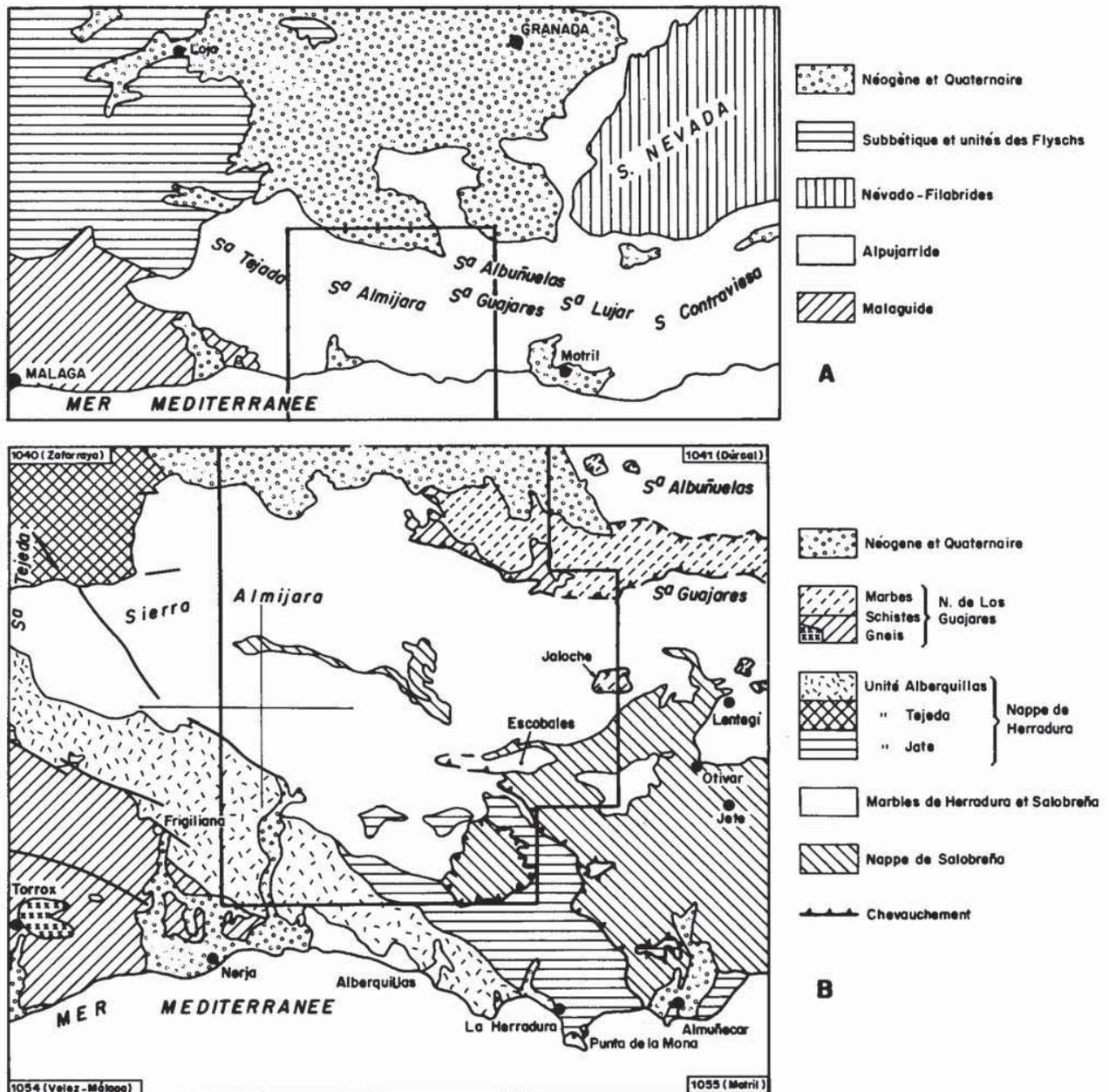


Fig. 1.—Situation de la zone étudiée. A: Situation générale. Dans le tableau on indique le secteur occupé par B. B: Schéma tectonique pris d'Avidad *et al.* (1978), Avidad et García-Dueñas (1980), Elorza *et al.* (1978) et Elorza et García-Dueñas (1980). On signale en gros trait la zone étudiée.

Le pic le plus élevé de ce secteur est la Navachica, de 1.832 m. s.n.m. et suivi de Piedra Sillada (1.675 m), Cielo (1.508 m) et Lopera (1.487 m) entre autres. Les points le plus bas au Nord ont environ 1.000 m de hauteur et au Sud moins de 200 m. Ceci donne une idée du relief abrupt, franchement alpin dans de nombreux points. Le petit nombre de routes et de pistes a rendu difficile le travail de carto-

graphie. Il faut ajouter l'abondance de plantes qui piquent dans des sols siliceux non cultivés qui rendent physiquement impossible de traverser quelques mètres de distance et ont obligé à faire des détours inutiles.

La Sierra Almijara est située dans les Zones Internes des Cordillères Bétiques et dans celle-ci correspond à l'ensemble Alpujarride. Les matériaux qui la forment ont été attribués au Triasique avec une base

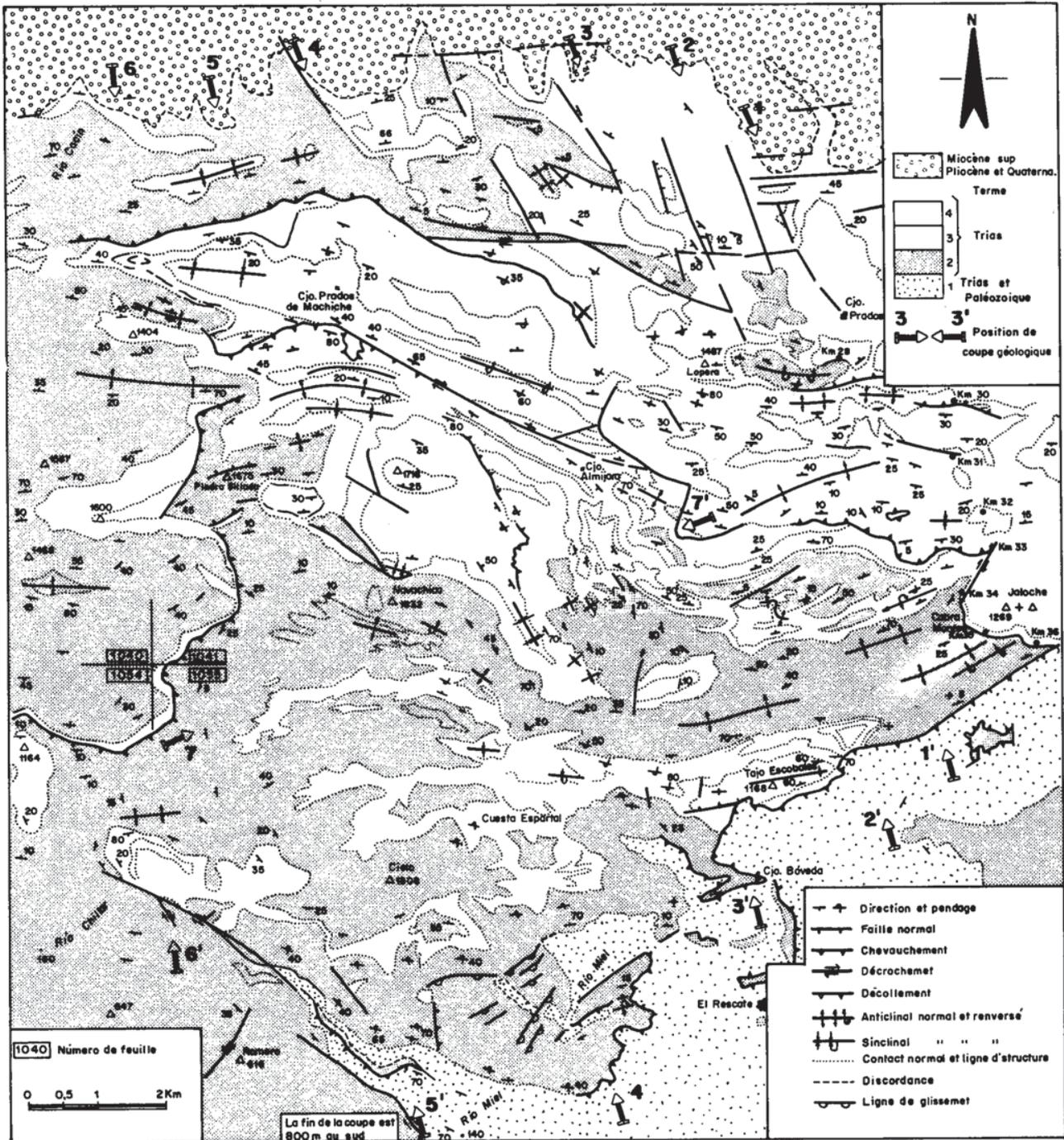


Fig. 2.—Carte géologique de la zone étudiée.

formée essentiellement de schistes triasiques et paléozoïques et au-dessus il existe une grande masse de marbre qui forme le squelette de celle-ci et qui se prolonge aussi bien à l'Est qu'à l'Ouest.

Les affleurements des schistes de la base apparaissent

au Sud de telle façon qu'ils n'existent pratiquement pas dans la Sierra Almirajara proprement dite. Au Nord de Sierra Almirajara les matériaux du Miocène supérieur-Pliocène et Quaternaire cachent ceux de l'Alpujarride.

Du secteur étudié ici, il existe des publications anciennes telles que celles de Van Bemmelen (1927), Westerfeld (1929), Blumenthal (1935) et Copponex (1959). Plus récemment Boulin réalise plusieurs travaux, ainsi que sa Thèse d'État (1970) et montre des cartographies et des coupes géologiques du secteur qui constituent un important progrès, bien qu'il existe des divergences sur nombre de ses interprétations tectoniques et stratigraphiques. Il faut signaler qu'elles constituent un effort remarquable qui a servi à montrer clairement que la structure et la stratigraphie de la région pouvaient être dévoilées. Postérieurement Avidad *et al.* (1978), Avidad et García-Dueñas (1980), Elorza *et al.* (1978) et Elorza et García-Dueñas (1980) publient les feuilles à échelle 1:50.000 dans lesquelles se trouve le secteur étudié (feuilles de Dúrcal, Motril, Zafarraya et Vélez-Málaga). On y distingue de haut en bas les nappes et unités suivantes du secteur étudié: Nappe de Los Guájares, nappe de Salobreña (avec l'unité de Río Verde et celle de El Rescate) et nappe de La Herradura (unité de Las Alberquillas et unité de El Jate) (Voir fig. 1).

De plus Elorza *et al.* (1978) signalent au bord SE de la feuille de Zafarraya un petit affleurement de l'unité de Tejada=Jate, mais, étant donné que, en réalité, il ne correspond qu'aux membres 3 et 4 de la série stratigraphique sur leurs termes inférieurs qui sont décrits ensuite, nous ne discuterons pas ce point. Aldaya *et al.* (1979) incluent toutes ces nappes et unités dans le groupe de la Almijara. L'unité de Las Alberquillas citée auparavant serait intermédiaire entre les nappes de La Herradura et Salobreña. Cependant ces derniers travaux ne présentent pas une cartographie détaillée de la formation de marbre.

Delgado *et al.* (1981) font une comparaison des données stratigraphiques des formations carbonatées de l'Alpujarride et décrivent la série de Sierra Tejada qui se trouve près du secteur ici étudié. De son côté, Sanz de Galdeano (1985) étudie le bord N de Sierra Almijara et Tejada du point de vue de sa fracturation. Cette étude, ainsi que des problèmes hydrogéologiques soufferts par d'autres collègues, lui montreront le besoin d'essayer d'éclaircir la géologie de Sierra Almijara.

### Stratigraphie et pétrologie

A mon avis il n'y a pas de raison objective suffisante pour maintenir une division aussi complexe que celle que l'on vient de présenter, qui oblige à situer des contacts de position incertaine pour délimiter des unités, et que fait que diverses masses de schistes puissent former la base d'un même affleurement de marbre. Ainsi donc on décrit la stratigraphie de tout l'ensemble en suivant l'idée qu'il forme une seule nappe. Il faut également signaler que, dans la description des matériaux, je me suis aidé de celle qui se

trouve dans les travaux qui viennent d'être cités, essentiellement en ce qui concerne la composition minéralogique.

#### Terme 1. Schistes et quartzites

Ce sont les termes les plus bas qui affleurent dans le secteur, bien que, à proximité vers le SW apparaissent des migmatites et des gneiss à la Punta de la Mona et au SW, à la nappe de Los Guájares, à Torrox.

La minéralogie des schistes est variable selon les points, ce qui est interprété comme étant en rapport avec la hauteur stratigraphique et la composition d'origine et le degré de métamorphisme variable que les matériaux ont souffert. Sur le terrain, ce degré de métamorphisme semble s'accroître vers le S et le SW. Il apparaît selon les points des schistes et des quartzites sombres à sillimanite, à biotite et staurolite ou disthène ou à biotite, chlorite et épidote vers le toit.

Une étude détaillée de ces schistes et quartzites pourrait peut-être montrer l'existence d'une tectonique d'écaillés imbriquées dans certains secteurs, ce qui ne s'aborde pas ici car les marbres constituent en grande partie le centre de cette étude.

Vers le toit, là où se voit la transition aux marbres, apparaissent des niveaux de quartzites en général blancs et après quelques mètres de calcoschistes, pas toujours présents, on passe aux marbres. En plus de ces quartzites, il existe d'autres niveaux intercalés dans une position stratigraphiquement plus basse. Il y a aussi localement des amphibolites, peut-être d'anciennes roches vertes.

Attribuer des épaisseurs à ces matériaux est très difficile en fonction de leur histoire géologique et de leur structure. Les épaisseurs d'origine atteignent sans doute plusieurs centaines de mètres. Leur puissance varie beaucoup après le métamorphisme et après avoir atteint leur structure actuelle et nous pouvons ainsi trouver des points où ils ont été totalement laminés, ou presque, et d'autres où ils dépassent plus d'un km.

L'âge que l'on attribue, régionalement, à ces matériaux est Paléozoïque pour les termes les plus bas et Triasique pour les plus élevés: Werfénien, Anisien probablement, bien que dans le secteur on n'a obtenu aucune datation.

#### Terme 2. Marbres de la base

Ils sont en général très recristallisés. Ils se présentent en couches de l'ordre d'1/2 m d'épaisseur, parfois plus, qui en général ne correspondent pas strictement à la stratification, et dont on peut observer les traces dans de nombreux points.

On peut différencier localement des termes dont on ne peut suivre la continuité que sur deux ou trois km dans les cas les plus favorables. Ainsi au SE du pic Cielo on observe près de la base quelques fins niveaux de schistes et de calcoschistes intercalés dans un niveau gris un peu sombre. Dans d'autres secteurs, au contraire, ces niveaux ne sont absolument pas visibles. Ils sont généralement blancs ou gris.

Des minéraux comme quartz, micas et divers calcosilicates, ainsi que scapolite et trémolite (Avidad et García-Dueñas, 1980 et Torres Roldán, 1978) apparaissent. On observe ceux-ci dans des cristaux centimétriques, quelquefois sans aucune orientation préférentielle, et d'autres orientés apparemment suivant des directions de flux. C'est sans doute à la base du terme qu'ils apparaissent plus abondamment (dont les affleurements sont situés aux bords S et SW du secteur étudié). Vers le toit, en général, on ne les observe pas à l'oeil nu.

Ces matériaux sont attribués régionalement au Trias moyen,

Anisien peut-être, jusqu'au Ladinien au toit (Delgado *et al.*, 1981). Dans un seul point, directement à l'ouest du km 34 de la route de Grenade à Almuñécar on a trouvé des fossiles d'algues qui ne sont pas classifiés.

L'épaisseur est très difficile à calculer étant donnée la tectonisation intense qu'elle présente en général. Dans quelques cas, on voit des amincissements et des étirements spectaculaires et dans d'autres, au contraire, des grossissements. On pourrait évaluer à 400-500 m les valeurs moyennes de la puissance. Ce chiffre est obtenu de l'observation dans quelques versants profonds et de la géométrie des coupes.

### Terme 3. Schistes, calcoschistes et marbres intercalés

L'existence de ce terme a déjà été reconnue par plusieurs auteurs, tels que Boulin (1970) et Delgado *et al.* (1981). Avidad *et al.* (1978) décrivent une intercalation, localement puissante, mais de leur texte il semble se détacher qu'ils ne pensent pas qu'elle y ait de continuité dans ce secteur.

Ce terme est formé par des schistes, localement à quartzites, calcoschistes et des marbres intercalés qui montrent toutes les transitions entre des marbres purs et des schistes. Quelquefois il s'agit de marbres à fines couches de schistes et quartz d'exsudation.

La couleur qui domine est le brun ou le beige, par météorisation des schistes et des calcoschistes, et le gris et le blanc dans les marbres. Dans les coupes fraîches les schistes sont gris bleuâtres et les marbres sont aussi plus foncés.

La base du terme dans de nombreux points n'est pas nette, de plus une transition avec le terme 2 s'établit par apparition progressive et croissante de rangées de schistes, de fines couches et enfin de couches déjà plus grosses et schistes et calcoschistes. Dans d'autres points par contre elle est presque complètement nette. Près de la base du terme on a trouvé aussi, dans plusieurs affleurements, un niveau d'amphibolites. Le toit du terme n'est pas non plus, en général, tout à fait net. Là se produit la disparition progressive des termes de métapélites.

L'épaisseur de la tranche est très inégale de certains points à d'autres, pour deux raisons: les différences stratigraphiques d'origine et la tectonique.

Il y a des secteurs dans lesquels les schistes dominent beaucoup d'autres dans lesquels ce sont les marbres qui dominent. Dans tous ceux-ci un des critères utilisés pour séparer le terme 3 du 1 (schistes de la base), en plus du contrôle géométrique, est l'existence de niveaux carbonatés beaucoup plus abondants en général dans le terme 3 que dans n'importe quel affleurement du 1. L'épaisseur du terme 3 est en plus différente de certains points à d'autres, étant données les limites de transition déjà signalées, qui font que lors de la cartographie selon des lithologies, on ne prenne pas de niveaux chronologiquement équivalents.

D'autre part, ce terme a servi, dans de nombreux points, de niveau de décollement, ce qui produit des rétrécissements et également des grossissements. Dans les plis, même s'il ne se produit pas de décollements importants, ce phénomène est très remarquable. Le terme peut être laminé dans certains flancs ou il peut dépasser plusieurs centaines de mètres dans d'autres (fig. 4).

La puissance d'origine, qui peut être calculée pour le terme, d'après les estimations en plusieurs points et la géométrie des coupes géologiques, oscille entre 100 et 250 m selon les affleurements.

Le terme présente localement des niveaux riches en matériaux à calcosilicates dont la distribution dans l'affleurement près de niveaux (à trous) de calcite (en cristaux d'environ

1 cm) rappellent les cargneules et les niveaux évaporitiques (gypses?), comme le dit Torres-Roldán (1978).

Si l'on en juge par des corrélations avec d'autres secteurs de l'Alpujarride (Delgado *et al.*, 1981), leur âge pourrait être ladinien supérieur-Carnien.

### Terme 4. Marbres supérieurs

Il s'agit en général de marbres dolomitiques très triturés. Vers la base, où la trituration est en général un peu moindre, les couleurs grises dominent et, en accord avec ce qui a été indiqué dans le terme antérieur, il peut exister quelques passées de schistes, de moins en moins puissantes et de moins en moins abondantes, vers le toit.

Au-dessus des marbres gris apparaissent des marbres blancs, très blancs. Cela se voit bien dans le secteur de la route de Grenade à Almuñécar, compris entre le Cortijo de Los Prados et le mirador de la Cabra Montés (km 29 à 33) (fig. 2). Sur plusieurs km de chaque côté (E et W) de ce tronçon de route, on peut réaliser une cartographie qui sépare les deux sous-termes gris et blanc, et cela permet d'établir avec plus de précision la structure, quelquefois très compliquée, de leur matériaux. Cependant on a vu que latéralement le changement de couleur ne se maintient pas à la même hauteur stratigraphique. Ainsi la couleur blanche peut presque descendre jusqu'à la base du terme ou, au contraire, peut être absente. Il faut de plus prendre une précaution supplémentaire. Dans certains cas, ces matériaux, blancs et gris, sont extraordinairement semblables, voire égaux, à ceux de terme 1, et on ne peut pas perdre le contrôle géométrique sans risquer de se tromper (ce qui a pu arriver dans certains points compliqués).

La puissance maximum observée de ce terme 4 est d'environ 500 m. En général elle est inférieure à 500 m, car il a été totalement ou partiellement érodé. La puissance réelle d'origine a dû être plus importante. Delgado *et al.* (1981) indiquent pour des matériaux semblables, une puissance d'environ 400 m à Sierra Tejada et de 1.500 m à El Trevenque. L'âge qu'ils indiquent pour ces matériaux est Norien. Pas très loin de ce point, Barrois et Offret (1889) recueillirent des restes de Megalodon dans des matériaux semblables.

On n'a pas trouvé, dans la zone étudiée, de matériaux supérieurs au terme 4, bien que Delgado *et al.* (1981) indiquent des termes plus élevés à Sierra Tejada et à la Sierra d'Albuñuelas, à l'W et à l'E respectivement de Sierra Almiijara. Cependant dans leurs observations partielles de Sierra Almiijara, ils ne trouvent pas non plus de termes plus élevés à ceux décrits ici.

La similitude de matériaux entre les termes 2 et 4 et la possible confusion du terme 3 avec une partie du terme 1 a obligé à faire très attention à la confection de la série stratigraphique. On a toujours tenu compte de la possibilité de se tromper et de considérer comme contact stratigraphique ce qui serait un contact tectonique et inversement. Pour cela les points de conflit ont été révisés plusieurs fois et à la fin du travail de terrain une autre révision générale a été faite. Dans le but d'un contrôle postérieur j'indique ensuite les secteurs où l'on peut bien établir la série. Il existe une coupe générale entre les secteurs où l'on peut bien établir la série. Il existe une coupe générale entre les km 28 et 37 de la route de Grenade à Almuñécar bien que le terme 4 se décolle et avance vers le Sud dans le secteur de la Cabra Montés. On n'y voit pas le contact d'origine entre le terme 1 et le 2. Une autre bonne coupe de la série stratigraphique coïncide avec le 2 de la fig. 3, depuis le Sud du pic Lopera. Là non plus on ne voit pas le contact d'origine entre les termes 1 et 2. Le terme 2 se voit

bien entre d'autres points dans le secteur de la ferme de La Almijara (SSW du pic Lopera) et surtout au NNW de Navachica (où passe la coupe 5 de la fig. 3). On observe bien le contact entre le terme 1 et 2 à l'Est et au SSE du pic Cielo.

Il existe de plus des matériaux du Miocène, du Pliocène et du Quaternaire, surtout au bord N du secteur, que fossilisent et cachent les matériaux triasiques. Pour leur description, on peut consulter les travaux indiqués dans les antécédents géologiques. Quelques petits affleurements de ces matériaux n'ont pas été indiqués pour ne pas augmenter la complexité de la cartographie.

### Tectonique

La structure de la Sierra Almijara est exprimée en bonne partie dans les coupes de la fig. 3. Les six premières coupes sont de direction NNW-SSE, pratiquement perpendiculaires à la direction des structures principales. Seulement la coupe 7 est de direction

approximative N60 et sert à montrer les déformations de direction approximative NNW-SSE.

La coupe 1 montre un décollement des matériaux du terme 4 sur le reste de la série qui provoque un chevauchement vers le Sud dans le secteur de la Cabra Montés. Localement le terme 3 est solidaire avec le 4 et tous deux coupent obliquement les matériaux inférieurs pliés. Dans certains points on voit la base du décollement, qui montre des stries NNW-SSE, ce qui indique que partie au moins du mouvement s'est produite dans cette direction.

A l'extrémité Sud de la coupe 1 les schistes bleuâtres, phyllithes presque, chevauchent, bien qu'une importante fracture avec mouvement normal très net les fait descendre de nouveau. Les stries qui se voient dans la faille sont presque de pendage avec composante légère à l'Ouest. Dans la coupe 2 on observe des plis à vergences très marquées vers le Sud. Les

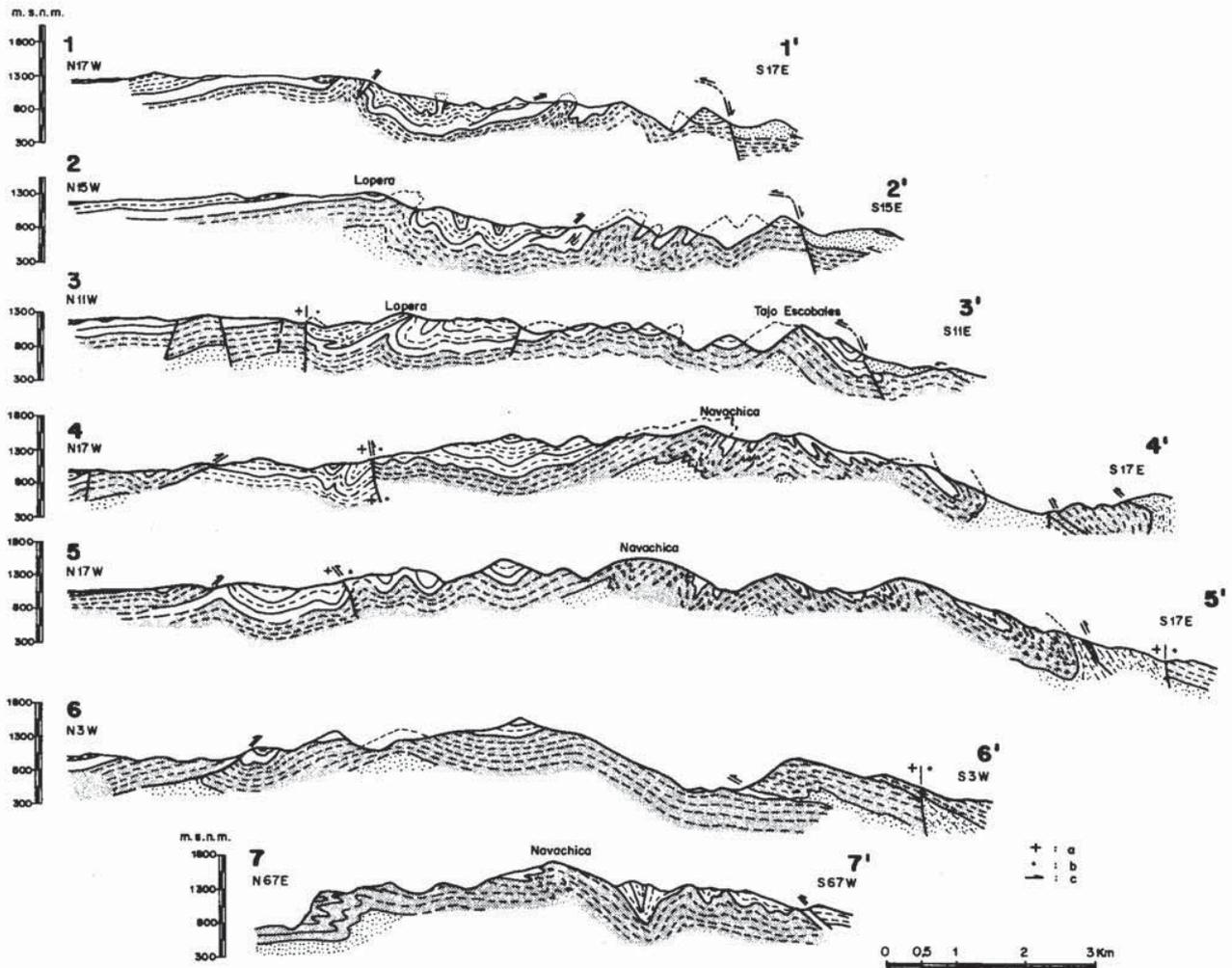


Fig. 3.—Coupes géologiques. On indique leur position sur la fig. 2. Trames et signes égaux à ceux de la fig. 2. a, b et c: mouvements de failles. a: éloignement, b: rapprochement, c: direction de mouvement.

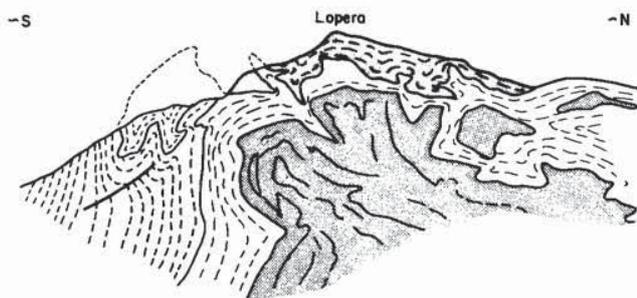


Fig. 4.—Interprétation géologique de la panoramique du bord E du pic Lopera. La partie Nord se trouve plus proche que la Sud. Longueur approximative du dessin: 800 m. Vue d'environ 600 m à l'E. Les trames sont les mêmes que ceux des figures 2 et 3.

plis dans de nombreux cas sont très serrés avec allongements et grossissements locaux importants.

Dans la coupe 3 il y a une caractéristique pas complètement satisfaisante pour l'auteur. C'est dans le versant N du pic Lopera où est dessiné un synclinal inversé vergent Sud. C'est simplement une interprétation mais il faut indiquer que l'on n'a pas trouvé réellement le noyau du pli supposé et que cela pouvait s'expliquer d'une autre façon. Un peu plus au N se trouve un décrochement, déjà signalé par Sanz de Galdeano (1985). Il présente une zone de brèches et de stries qui indiquent des mouvements dextrorses. Elle se perd latéralement et devient une faille inverse vergente Sud.

Dans le secteur du Tajo de Los Escobales, partie Sud de la coupe 3, Avidad et García-Dueñas (1980) interprètent que les schistes sont de la nappe de Salobreña et les marbres de la base des matériaux carbonatés de la même nappe ou peut-être de la nappe de La Herradura (unité du Jate). Le contact des formations de marbre des deux nappes passerait près de celle-ci sans qu'on les localise. De ces types de interprétations, élargies régionalement, ils déduisent «un décollement généralisé de puissantes formations de marbres, par rapport aux formations de micaschistes infrajacentes». Autrement dit, la formation de marbres correspondrait à différentes unités difficiles à distinguer entre elles et, à leur base, il existerait différentes unités de schistes plus faciles à distinguer par leur minéralogie. A mon avis, les schistes chevauchent au N (vers le NW?) et se mettent en contact avec le terme 3 et même avec le 4; le contact à cet endroit n'est donc pas normal.

Dans la coupe 4 on observe deux failles inverses de vergences opposées et l'une d'elles présente une composante importante de décrochement dextrorse. Au SE de Navachica il existe de nombreux plis qui affectent les termes 2 et 3, parfois complètement isoclinaux, avec de très importants étirements et des laminations vergentes Sud, dans leur partie Nord, tandis que dans

la partie Sud elles le font au N. Dans la coupe on réussit seulement à représenter un schéma de ces plis très serrés formés sans doute dans des conditions proches au flux. Dans la partie la plus méridionale de la coupe on voit bien le passage des schistes à marbres de la base et une répétition qui commence le décollement des schistes.

Dans la coupe 5 on essaie de représenter les mêmes caractéristiques que dans la précédente. Dans sa partie Sud le contact avec les schistes est normal et il y a une répétition tectonique des marbres de la base. De plus à l'extrémité Sud apparaissent des marbres de l'unité qu'Avidad et García-Dueñas (1980) appellent de Las Alberquillas dans la nappe de La Herradura. Leur contact avec les schistes est signalé par un décrochement dextrorse avec une petite composante normale, et il semble qu'il s'agit d'une structure «moderne».

Enfin la coupe 6 montre un chevauchement des marbres sur eux-mêmes qui continue vers l'Ouest. Pour Elorza et García-Dueñas (1980) c'est lui qui sépare l'unité de Las Alberquillas du reste de la nappe de La Herradura. Dans ce travail on pense que le chevauchement s'amortit latéralement vers l'E, de même que le fait en surface vers le NW le décrochement décrit auparavant dans la coupe 5. Cette précision «en surface» se rapporte à la possibilité que la faille ainsi que d'autres très importantes et parallèles qu'il y a plus au Sud et Ouest, répondent à un grand accident cortical qui donne des failles parallèles, ou presque, au fur et à mesure qu'il atteint les hauts niveaux de l'écorce.

La coupe 7 a été réalisée pour montrer qu'il existe aussi des plis de direction NNW-SSE. Ceux-ci sont très évidents dans la partie plus occidentale de la coupe où les matériaux d'une impressionnante paroi presque verticale sont apparemment presque horizontaux quand on les voit de face. Cependant, vue de profil, ils présentent des plis isoclinaux très développés. Plus à l'E des plis de même direction sont aussi très évidents.

La première conséquence que l'on obtient de la connaissance de la structure de la Sierra Almirajara est qu'il n'existe plus qu'une seule unité, bien que les déformations, les plis et les fractures soient très importants et permettent de distinguer localement des sous-unités.

En deuxième lieu on voit que les plis sont fondamentalement de direction approximative N70. De plus, la plus grande partie des plis de dimension métrique et même centimétrique mesurés ont cette même direction. Ceux-ci n'ont pas été étudiés de façon statistique mais par contre plus de 200 ont été mesurés et ils sont presque tous congruents avec les plis de grande dimension. Dans de nombreux cas ils se sont formés dans des conditions proches au flux et l'on peut observer des superpositions de plis avec des

figures telles que crochets, apparemment de la même ou de semblable direction. Il faudrait une étude plus profonde pour vérifier d'autres directions possibles de flux et de transport tectonique. Il existe, comme on a déjà indiqué, d'autres plis de direction NNW-SSE qui indiquent un transport tectonique presque E-W sans que l'on en voit bien le sens. A échelle de l'affleurement, ceux de petite dimension sont égaux que ceux que l'on vient de décrire sans que l'on ait pu observer de possibles rotations. A l'échelle de la cartographie, surtout au N et à l'E de Navachica, quelques plis N70 apparaissent «courbés», s'adaptant à la direction NNW-SSE. Cela indiquerait un âge plus moderne pour les plis NNW-SSE. Même ainsi on ne peut rejeter une succession plus compliquée d'événements.

Une autre caractéristique à signaler est celles des différentes vergences des structures N70 sans que leur origine soit claire.

Aussi bien les failles inverses et les décrochements du Nord du secteur étudié que le décrochement du Sud des coupes 5 et 6 paraissent être des caractéristiques postérieures et coupent les plis déjà décrits, avec un style beaucoup plus fragile, et selon des directrices qui n'existaient pas auparavant (Sanz de Galdeano, 1985). De plus, plusieurs de ces fractures affectent plus à l'ouest des matériaux du Miocène supérieur et Pliocène, aussi bien au Sud qu'au Nord du secteur étudié. Sur la côte, en dehors de la zone étudiée, juste à l'E du pont sur la rivière de La Miel on voit des stries horizontales et verticales, très bien développées, et les matériaux du Pliocène, bien que pas plus modernes, avec dépôts corrélatifs, sont partiellement déformés.

### Discussion des caractéristiques régionales

Dans la partie N de la région étudiée Avidad *et al.* (1978) situent un contact supposé pour indiquer la séparation entre la nappe de Los Guájares et les marbres de Salobreña ou Herradura (étant donné qu'ils ne sont pas expressément différenciés ici, voir fig. 1). Les coupes 1 et 4 de la fig. 3 offrent une autre interprétation et de cette façon il ne peut y avoir de distinction de deux unités. Selon l'auteur, la confusion viendrait de considérer que les schistes du terme 3 appartiennent au terme 1 de la série. (On ne discute pas ici l'ensemble de l'unité de Los Guájares, mais seulement les affleurements qui lui sont attribués et qui se trouvent dans la zone étudiée).

Dans la formation des marbres on ne trouve aucune structure capable de différencier clairement des unités d'importance suffisante. Pour cela nous ne pouvons en aucun cas distinguer la nappe de Salobreña de celle de La Herradura. Selon la cartographie et les coupes on n'arrive même pas à soupçonner que des unités de lithologie semblable se mettent en contact.

Même l'unité de Las Alberquillas, représentée seulement partiellement dans la zone d'étude, séparée de la formation de marbres par une faille NW-SE perd son individualité vers l'W, étant donné que, en surface, cette faille s'amortit et passe des marbres de Sierra Almirajara à ceux de Las Alberquillas sans aucun accident (au N de Frigiliana, dans la rivière Chillar). Ainsi donc la séparation entre les unités de Las Alberquillas et de El Jate n'a qu'une importance locale car latéralement elles passent de l'une à l'autre, et de ce fait manquent d'individualité réelle.

La discussion sur la séparation ou non, à niveaux de schistes de la base, entre les nappes de Salobreña et de La Herradura ne peut se poser ici car il aurait fallu au moins compter sur une nouvelle cartographie de celles-ci, ce qui n'a pas été réalisé. On peut seulement indiquer maintenant que les caractéristiques cartographiques du contact entre les schistes de la base et les marbres qui sont présentés dans les travaux signalés dans ce alinéa sont susceptibles d'être améliorés dans certains points importants. Pour cela on pourrait penser que la seule cartographie des masses de schistes serait aussi susceptible de subir des changements peut-être remarquables. En principe, si l'on tient compte de la cartographie détaillée de l'ensemble des marbres et de leur structure, l'hypothèse que l'on mettrait en avant serait celle de la non-existence indépendante des nappes de La Herradura et Salobreña dans le secteur étudié. Les schistes de la base s'enracinent clairement au sud du pic Cielo et vers l'E ils commencent leur décollement et deviennent chevauchants par rapport aux marbres. On voit ce dispositif au moins jusqu'à la route de la Cabra Montés. Le chevauchement est important, on voit plus de 3 km de superposition, dans le secteur de El Rescate et à l'origine il a dû être plus important, mais l'érosion a fait disparaître dans ce secteur les schistes du terme 1 qui ont dû se placer au-dessus des marbres qui constituent la Sierra Almirajara. De plus la faille qui se dirige de la Cabra Montés vers le SW fait descendre une partie de ces schistes chevauchants. Ceux-ci portent à leur tour, à l'ESE de Cázulas, des restes de leur couverture de marbres et il arrive de même à Otivar et Lentegí. Ce chevauchement de la propre unité de Sud au Nord (NE ou NW?) donnerait une structure de type duplex (Boyer et Elliot, 1982). Il n'y a de même pas de doute que les propres schistes doivent présenter des imbrications et des écailles que décrivent déjà Avidad et García-Dueñas (1980). Cependant il ne semble pas que l'on se trouve devant un décollement généralisé des schistes en rapport avec la formation de marbres.

Dans des régions plus orientales Estévez *et al.* (1985) et Sanz de Galdeano (1985) distinguent un ensemble d'unités alpujarrides inférieur (Groupe Lujar) et un autre supérieur d'un degré de métamorphisme plus élevé (Groupe Contraviesa). C'est avec ce groupe Contraviesa qu'il semble possible de corrélationalner la

nappe d'Almijara étudiée ici et que l'on pourrait appeler ainsi.

### Resume et conclusions

a) La série stratigraphique de Sierra Almijara est formée essentiellement de deux formations. La première correspond à des schistes et des quartzites très puissantes. La deuxième correspond à une formation de marbres dans laquelle on distingue un premier terme de marbres; un de schistes à niveaux de calcoschistes et de marbres et enfin un terme supérieur également de marbres. Cette formation de marbres est d'âge triasique.

b) Dans la Sierra Almijara il existe des plis de direction approximative N70 mais aussi d'autres NNW-SSE. Ces derniers semblent postérieurs mais on n'écarte pas la possibilité d'une succession compliquée de déformations. De nombreux plis se sont produits dans des conditions de grande plasticité avec étirements de flancs localement très importants. Les vergences des plis N70 sont opposées au N et au S de la zone.

c) Les failles NW-SE sont postérieures à la formation des plis que l'on vient de citer. Ils correspondent à des décrochements dextrorsos avec composante inverse en général et qui peuvent passer latéralement à des failles inverses. Dans certains points les mouvements modernes (Pliocènes et Quaternaires) sont aussi de composante normale.

d) Il me semble pas justifié d'adopter des interprétations qui plaident pour un «decollement» généralisé des schistes de la base en relation avec la formation de marbres.

e) L'étude de Sierra Almijara ne permet pas de séparer dans le secteur plusieurs unités différenciées pas des auteurs antérieurs. Ainsi, dans ce secteur, il semble convenable de tout englober dans une seule nappe, celle d'Almijara qui, avec le groupe d'unités de La Contraviesa, deviendrait le groupe Almijara-Contraviesa placé sur celui de Lújar.

Travail correspondant au projet «Estructuración del conjunto Bético-Rifeño y del paleomargen ibérico meridional. Análisis sedimentológico, mineralógico y evolución tecto-sedimentaria de las depresiones béticas orientales» financé par la CAICYT et le CSIC et au projet «Neotectónica y Sismicidad de la depresión de Granada y de las Alpujarras» financé par la CAICYT.

### References

- Aldaya, F.; García-Dueñas, V., y Navarro Vila, F. (1979): Los mantos alpujarrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujarrides. *Acta Geológica Hispánica*, 14, 154-166.
- Avidad, J. y García-Dueñas, V. (1980): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, plan MAGNA, nº 1054 (Motril)*. 36 págs. I.G.M.E.
- Avidad, J.; García-Dueñas, V.; Gallegos, J. A., y González Donoso, J. M. (1978): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000 plan MAGNA, nº 1041 (Dúrcal)*, 45 págs. I.G.M.E.
- Barrois, Ch. y Offret, A. (1889): Mémoire sur la constitution géologique de Sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejada a la Sierra Nevada. *Mém. Ac. Sc. Inst. Nat. France*, 30, 79-167 (Mission d'Andalousie).
- Blumenthal, M. (1935): Reliefüberschiebungen in den Westlichen Betschen Cordilleren. *Geol. Med. Occid.*, 4, 8, 3-28.
- Boulin, J. (1970): Les zones internes des Cordillères Bétiques de Málaga a Motril (Espagne meridionale). Thèse. *Ann. Hebert et Haug. Paris*. 10, 237 págs.
- Boyer, S. E. y Elliot, D. (1982): Thrust systems. *A.A.P.G.-BULL.* 66/9, 1196-1230.
- Copponex, J. P. (1959): Observations géologiques sur les Alpujarrides occidentales. *Bol. Inst. Geol. y Min. España*. 70, 79-208.
- Delgado, F.; Estévez, A., Martín, J. M., y Martín Algarra, A. (1981): Observaciones sobre la estratigrafía de la formación carbonatada de los mantos alpujarrides (Cordilleras Béticas). *Estudios Geol.*, 37, 45-57.
- Elorza, J. J. y García-Dueñas, V. (1980): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, plan MAGNA, nº 1054 (Vélez-Málaga)*. 59 págs. I.G.M.E.
- Elorza, J. J.; García-Dueñas, V.; González Donoso, J. M.; Martín García, L., y Matas González (1978): *Mapa geológico de España a escala 1:50.000, plan MAGNA, nº 1040 (Zafarraya)*, 64 págs. I.G.M.E.
- Estévez, A.; Delgado, F.; Sanz de Galdeano, C., y Martín Algarra, A. (1985): Los Alpujarrides al Sur de Sierra Nevada. Una revisión de su estructura. *Mediterránea* (Alicante), 4, 5-32.
- Sanz de Galdeano, C. (1985): La fracturación del borde Sur de la depresión de Granada (discusión acerca del escenario del terremoto del 25-XII-1884). *Estudios Geol.*, 41, 59-68.
- Sanz de Galdeano, C. (1985): Estructura del borde oriental de la Sierra de Gádor (Zona Alpujarride. Cordilleras Béticas). En prensa en *Acta Geológica Hispánica*.
- Torres Roldán, R. L. (1978): Scapolite-bearing and related calc-silicate layers from the Alpujarride Series (Betic Cordilleras of Southern Spain). A discussion on their origin and some comments. *Geologische Rundschau*. 67, 1, 342-355.
- Westerveld, J. (1929): De bown der Alpujarras en het tektonisch verband der Oostelijke Betsische ketens. Tesis. *Delft*, 120 págs.

Recibido el 15 de julio de 1986  
Aceptado el 17 de septiembre de 1986