

Los Mantos Alpujárrides del tercio central de las Cordilleras Béticas. Ensayo de correlación tectónica de los Alpujárrides

por F. ALDAYA*, V. GARCÍA-DUEÑAS** y F. NAVARRO-VILÁ***

* Dpto. de Geomorfología y Geotectónica, Univ. Salamanca.

** Dpto. de Geomorfología y Geotectónica, Univ. Granada.

*** Dpto. de Geotectónica, Univ. Bilbao.

ABSTRACT

The Alpujarride Nappes are made up of a metapelitic sequence in which three schist subdivisions are commonly distinguished of Paleozoic-Lower Triassic age, all of them topped with Triassic carbonate sequences. Some stratigraphic differences can be established amongst the nappes, mainly between permotriassic and triassic series. The thrust surfaces have cut across the Alpujarride sequence, being at different positions in the different nappes. Metamorphism—and also several folding phases— occurred before thrusting and affected the rock with variable intensity according to the relative position of the nappes in the orogen.

After discussing the value of these geologic criteria to subdivide the Alpujarride units and taking into account the position of each unit within the thrust pile, several groups of nappes with distinctive tectonic character have been separated. The following groups have been described by the authors, based mainly on their data and field work in the central third of the Betic Cordilleras: Lújar, Guadalfeo, Contraviesa and Almjara.

These groups are also valid for the rest of the Betic Zone and have been used in the correlation of the tectonic elements of different areas.

RESUMEN

Los Mantos Alpujárrides se componen de una secuencia metapelítica, constituida en general por tres formaciones esquistosas (Paleozoico-Triásico inferior), coronada por series carbonatadas triásicas; se detectan diferencias estratigráficas de unos mantos a otros, sobre todo entre términos permotriásicos. Las superficies de corrimiento han cizallado la sucesión alpujárride y se hallan situadas a niveles diferentes según los mantos. El metamorfismo—y también varias fases de plegamiento— es anterior a la tectónica de corrimiento y ha afectado a los materiales con una intensidad variable, dependiente de las posiciones ocupadas por los mantos en el orógeno.

Una vez discutido el valor de estas características como criterios para el agrupamiento de los Alpujárrides y considerando la posición de cada unidad en la pila de mantos, se ha realizado una subdivisión en grupos de mantos que poseen el carácter de subconjuntos con entidad tectónica significativa. Fundados esencialmente en datos y observaciones de los autores sobre el tercio central de las Cordilleras Béticas, se proponen los siguientes grupos: Lújar, Guadalfeo, Contraviesa y Almjara.

Estos Grupos tienen validez para el resto de la Zona Bética y se han usado en la correlación de elementos tectónicos de distintas áreas.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años se han publicado varias interpretaciones sobre la evolución paleogeográfica y la historia orogénica de las Cordilleras Béticas. La búsqueda de un modelo de evolución, compatible con la información aparecida acerca del Mediterráneo occidental y los orógenos circundantes, es una inquietud primordial en la mayoría de las investigaciones recientes.

El interés de estos planteamientos es indudable, pero el conocimiento del margen septentrional del mar de Alborán es

todavía insuficiente, en lo que concierne a la geología de Andalucía y Sudeste de España. Esto es quizás más cierto para la Zona Bética, compuesta por Maláguides, Alpujárrides y Nevado-Filábrides, en donde, salvo para ciertos sectores, se carece del catálogo completo de mantos o unidades tectónicas, no se ha abordado a fondo el estudio de la relación entre fases de deformación y metamorfismo, no se han establecido relaciones paleogeográficas definitivas ni la distribución de las series de facies del metamorfismo progresivo, y hasta están sujetos a discusión el significado de los grandes conjuntos existentes y la vergencia de su empilamiento. Por ello no es posible soportar, o contrastar adecuadamente, las diversas hipótesis orogénicas emitidas.

Nuestro programa de investigación pospone a una etapa ulterior la discusión y elaboración de una hipótesis global, que aspiraría a fundarse en un conocimiento geológico regional más completo.

En este trabajo se presentan los resultados sucintos de la investigación efectuada por los autores sobre los Alpujárrides de un área extensa correspondiente al tercio central de la Cordillera. Así mismo se definen Grupos de mantos en los Alpujárrides centrales y se ensaya su comparación con los sectores mejor conocidos de la Zona Bética.

RASGOS DISTINTIVOS DE LOS MANTOS ALPUJARRIDES

Los términos *Alpujárrides* («Alpujarriden», Van Bemmel, 1927) y *Mantos Alpujárrides* («Alpujarride Deckbladen», Westerveld, 1929) fueron introducidos para designar un conjunto de tres mantos, reconocidos al Norte y al Sur de Sierra Nevada, cuyas afinidades eran manifiestas. Efectivamente, las semejanzas litológicas entre términos correlativos de los distintos alpujárrides suelen ser grandes, aparte otras características también comunes, algunas de ellas menos evidentes. El término ha conservado íntegramente su sentido y lo usaremos con el mismo significado.

El término «Complejo alpujárride» ha sido propuesto para englobar todas las unidades alpujárrides, tras segregarse una parte de las de posición inferior; con estas últimas se ha constituido el «Complejo de Ballabona-Cucharón» (Egeler y Simon, 1969).

La posición tectónica de los Mantos Alpujárrides es constante entre Maláguides y Nevado-Filábrides, salvo en

sectores próximos al límite septentrional de la Zona Bética, en donde pueden hallarse más tardíamente superpuestos a unidades de identidad problemática. De un extremo a otro de la Cordillera, cada transversal nos ofrece un número variable de mantos o unidades alpujárrides. Cada manto o unidad mayor tiene una secuencia cuyos términos son referibles a los de una *sucesión alpujárride tipo*, ideal y completa. La sucesión de cada manto puede interpretarse como una reducción de la sucesión tipo a diferentes niveles, por efecto de cizallamiento, trasposición y aplastamiento. Es notable la desproporción entre el espesor y la extensión superficial de cualquier unidad.

A pesar del parentesco entre las secuencias alpujárrides conocidas, subsisten ciertas diferencias entre unos mantos y otros, a la vez que resultan irregulares la distribución superficial y extensión de las unidades. Por razones de índole geológica y para mayor simplicidad en el tratamiento general, se distinguen tres áreas en el dominio alpujárride; la ubicación de dichas áreas corresponde con la de los tercios oriental, central y occidental de la cordillera, aproximadamente.

No es grave el problema de continuidad entre Alpujárrides orientales y centrales, al Este y al Oeste de la transversal Almería-Baza (fig. 4); la correlación entre ellos sólo se ve comprometida por la interposición de afloramientos de materiales post-manto. En cambio, la conexión entre Alpujárrides centrales y occidentales es especulativa, pues se verifica bajo el gran afloramiento maláguide de los Montes de Málaga. Además, no se conocen aún los mantos que se integran en los Alpujárrides occidentales, ni su estructura y sucesión, y en estas condiciones es vano intentar su correlación; sin embargo, existen, en el sector de Vélez-Málaga (fig. 1), elementos tectónicos equivalentes a los representados al Oeste de la transversal de Málaga.

La sucesión alpujárride tipo

Una secuencia alpujárride consta, por lo general, de una potente serie metapelítica que comprende tres formaciones, cada una de las cuales puede llegar a superar el kilómetro de espesor, la formación basal está constituida por una alternancia de esquistos, micasquistos frecuentemente grafitosos y cuarzomicasquistos, todos ellos de tonalidades oscuras, con algunas intercalaciones carbonatadas; sigue otra formación más cuarcítica —no existen cuarcitas propiamente dichas— de tonalidades pardo-rojizas; ambas pueden ser de edad paleozoica. La serie metapelítica termina por una formación de filitas y cuarcitas, que en ciertos mantos son micasquistos de grano fino, con horizontes cuarcíticos, lentejones de rocas carbonatadas y muy locales enclaves de evaporitas, cuya atribución al Permo-Trías es generalmente aceptada.

De manera gradual, a través de horizontes calcoesquistosos, se pasa a una potente formación carbonatada (puede alcanzar excepcionalmente los 2 km), que corona la sucesión alpujárride. La litología de la formación carbonatada es en lo esencial caliza y dolomítica, si bien admite, en determinados mantos, intercalaciones arcillosas y detríticas más gruesas. Los tipos de facies sedimentarias, que se asocian en esta formación (Ewert, 1976; Delgado, 1978; etc.), indican condiciones de sedimentación somera, propias de una plataforma carbonatada. Se han citado faunas del Trías medio y superior en niveles de la formación carbonatada; se desconoce la existencia segura de materiales más recientes en los Alpujárrides.

La desemejanza entre la sucesión alpujárride y los materiales triásicos y paleozoicos del resto de la Península Ibérica es grande y de tal naturaleza, que las relaciones paleogeográficas mutuas, por el momento desconocidas, se nos presentan como problemáticas y previsiblemente remotas.

Metamorfismo y deformación

La evolución metamórfica y las principales etapas de deformación de los Alpujárrides se pueden resumir a partir de los resultados de algunos autores (Westra, 1969; Aldaya, 1970; Torres-Roldán, 1974; Navarro-Vilá, 1976) y otros aún no aparecidos (Aldaya, en prensa; Aldaya et al., en prensa; Elorza y García-Dueñas, en prensa; García-Dueñas y Navarro-Vilá, en prensa). El esquema evolutivo que se propone puede ser válido, sin modificaciones sustanciales, para todos los Mantos Alpujárrides.

El metamorfismo correspondiente al ciclo alpidico puede describirse como un proceso continuo en la variación de P y T, de manera que se suceden una serie de facies de presiones intermedias y otra de bajas presiones. Sobre la persistencia o no de rastros de un metamorfismo antealpidico pueden hacerse conjeturas, que omitiremos.

El inicio del metamorfismo alpidico coincide con la fase de deformación D_1 . Los pliegues de esta fase aparecen como isoclinales o muy apretados, asociados a una esquistosidad S_1 de flujo, originalmente muy tendida; los pliegues P_1 reconocidos son de pequeño tamaño. Según el nivel de la secuencia alpujárride de que se considere, y también dependiendo del manto, varían las asociaciones minerales sin- S_1 ; llegaron a formarse, entre otros, mica blanca, biotita, granate, estauroлита y distena (?), según los casos. La temperatura crece algo en la etapa intercinemática subsiguiente, D_1 - D_2 , en la que cristalizan todos los minerales enumerados y también, andalucita; en los mantos con términos más metamorfizados se puede encontrar sillimanita.

La fase de deformación D_2 se inicia en condiciones parecidas, dando origen a pliegues apretados o muy apretados, más frecuentes que los de la fase anterior, asociados a una esquistosidad S_2 de plano axial, la cual crenula a S_1 y la llega a obliterar; S_2 es la esquistosidad más perceptible en el campo. Durante D_2 continúa el crecimiento y cristalización de los minerales citados como intercinemáticos D_1 - D_2 , en un proceso que alcanza, con pocas variaciones, los inicios de la etapa intercinemática D_2 - D_3 . Hasta aquí el proceso metamórfico, con un crecimiento inicial de P-T durante D_1 y la oscilación limitada de P y el moderado incremento de T posterior, se mantiene en los límites de las series de facies de presiones intermedias, aunque se aproxima a la transición a facies de bajas presiones.

Inmediatamente más tarde y todavía dentro de la etapa intercinemática D_2 - D_3 , el hábito y la intensa blastesis de algunos minerales y la aparición de nuevas asociaciones en las metapelitas (con sillimanita y feldespatos-K, en las condiciones extremas), indican cómo se traspasa el umbral del dominio de las bajas presiones.

La fase D_3 coincide, en los niveles más profundos de las secuencias metamorfizadas, con la cristalización de minerales relacionados con la esquistosidad S_3 , los cuales indican, en ciertos mantos, la persistencia de temperaturas elevadas, que van a decrecer de inmediato.

S_3 aparece como esquistosidad de plano axial de pliegues asimétricos, poco apretados, de tamaño pequeño a métrico,

enmascarando localmente a S_2 ; favorece el crecimiento de algunos minerales o bien rota o reordena los preexistentes.

En realidad existen cuatro máximos de frecuencia en la distribución de ejes de pliegues posteriores a S_2 ; varios de ellos se suelen asociar a esquistosidades más o menos penetrativas. Es posible que, al menos, dos de estas direcciones de ejes sean conjugadas, pero se desconoce su cronología relativa y su verdadera importancia en el ámbito alpujarride.

El metamorfismo se desarrolló antes del apilamiento de unidades provocado por las grandes cizallas intralpujarrides, recortadas a su vez por otras cizallas más tardías, finiligoceñas o algo posteriores (García-Dueñas y Navarro-Vilá, 1976). Por el contrario, pasan inadvertidas las transformaciones metamórficas que pudieran haber ocurrido con posterioridad a la superposición ahora perceptible de los mantos.

El esquema de evolución tectono-metamórfica adoptado implica que existió un incremento de la temperatura, no recesivo hasta los inicios de la fase D_3 , mientras que las presiones, con máximos esfuerzos dirigidos en las fases D_1 y D_2 , acusan un neto descenso en el periodo D_2 - D_3 (cf. Navarro-Vilá, 1976). Es así como las asociaciones minerales, correspondientes a las facies de baja presión, cristalizan después de formada la esquistosidad S_2 .

En las áreas directamente investigadas por nosotros, no se han encontrado huellas de episodios retrometamórficos, intercalados en el proceso evolutivo descrito, ni tampoco rastros de corrimientos por cizalla, anteriores a S_2 , que disturban isogradas más antiguas. Tales corrimientos, difíciles de encuadrar en el contexto de deformación y metamorfismo puesto de manifiesto, han sido señalados por algunos autores (entre otros, Kampschuur y Rondeel, 1975).

LOS ALPUJÁRRIDES EN EL TERCIO CENTRAL DE LA CORDILLERA

El tercio central de las Cordilleras Béticas ha resultado especialmente indicado para el estudio de los Alpujarrides. El hecho de que aquí fueran definidos los primeros mantos, la mayor continuidad de los afloramientos, el gran número y diversidad de las unidades presentes y las condiciones mismas de observación, concurren en que sea la región ideal para tipificar los Alpujarrides y proceder a integrar sus unidades en mantos, o éstos en grupos de mantos de significación más general.

Los mantos definidos en los Alpujarrides centrales (Aldaya, 1969 a; Aldaya y García-Dueñas, 1976; García-Dueñas y Navarro-Vilá, 1976) se reconocen en tres sectores, situados alrededor de Sierra Nevada: el meridional, entre los meridianos de Adra y Motril; el sudoccidental, entre los de Motril y Vélez-Málaga; y el noroccidental, desde Dúrcal hasta La Peza, abarcando las Sierras del Tocón (fig. 1).

Las sucesiones de los respectivos mantos y unidades se reflejan en las columnas compuestas de las figuras 2 y 3; en ellas se incluye la distribución vertical de los minerales metamórficos en las formaciones metapelíticas, mediante símbolos indicativos del nivel de aparición de cada mineral, omitiéndose la fase y la serie de facies a que pertenece.

Las potencias consignadas en las figuras son indicativas de los máximos de espesor alcanzados por las formaciones y tramos en el manto o unidad correspondiente; tales máximos no suelen coincidir en un mismo corte. El desarrollo de la secuencia puede variar muchísimo en el mismo manto, ya que cualquiera de sus términos puede acuñarse hasta desapare-

cer. Las intercalaciones se representan en posición y número aproximado.

LOS ALPUJARRIDES AL SUR DE SIERRA NEVADA

Sierras de Lújar y Contraviesa

Al Sur de Sierra Nevada y entre los meridianos de Motril y Adra afloran los siguientes mantos, enumerados en orden ascendente; Lújar (Van Bemmelen, 1927), Cástaras, Alcázar, Murtas y Adra (Aldaya, 1969 a, 1969 b). Esta región es conocida, fundamentalmente, gracias a los trabajos de Westerveld (1929) y Aldaya (varios trabajos).

El *Manto de Lújar* presenta algunas características peculiares que le confieren una notable individualidad. En el área de la fig. 1 no se observa la superposición de este manto sobre los Nevado-Filábrides, pero sí un poco más al E, a unos 10-20 km al ENE de Ugijar.

Las filitas permotriásicas del Manto de Lújar están muy poco recrystalizadas y en la formación carbonatada, la recrystalización metamórfica es especialmente baja o nula. La sucesión carbonatada muestra: un mayor desarrollo de términos que las sucesiones de los restantes mantos; una mayor abundancia y continuidad de las dolomías con «franciscana» (término usado por: Jacquin, 1970; Ewert, 1976, etc.); importantes intercalaciones pelíticas, margosas y cuarcíticas; mineralizaciones sinsedimentarias de galena y fluorita relativamente abundantes; yeso primario en las rocas carbonatadas; algunas coladas de lava y filones-capa («sills») de rocas volcánicas básicas; y restos fósiles más abundantes que en los restantes mantos.

El *Manto de Cástaras* no está presente en todo el sector; hacia el sur se acuña y desaparece. Las dos formaciones que lo componen son bastante continuas en toda su extensión.

El *Manto de Alcázar* es especialmente discontinuo y de espesor sumamente variable. Su secuencia carbonatada sólo está bien representada al Norte de Motril y de Murtas. Las filitas y cuarcitas permotriásicas afloran extensamente, en general, al Sur de las ventanas tectónicas el Manto de Lújar. La formación de cuarcitas y esquistos con biotita aflora en una única localidad, al Sur de la Sierra de Lújar.

El *Manto de Murtas* es el único que, en algunos lugares presenta todos los términos de la sucesión tipo. Los términos carbonatados y filíticos faltan a menudo, cortados por la superficie de corrimiento superior.

El *Manto de Adra* está prácticamente constituido por las dos formaciones atribuibles al Paleozoico; sólo existe un pequeño afloramiento de filitas y cuarcitas permotriásicas. Las calizas y dolomías triásicas afloran en algunos klippen muy pequeños al Este del meridiano de Adra y en estos casos reposan directamente sobre micasquistos paleozoicos. En la costa presenta repeticiones en escamas, cuyas superficies limitantes buzan fuertemente al Sur. La unidad más occidental de este manto es el klippe de Cabo Sacratif, constituida exclusivamente por cuarcitas y esquistos con biotita. Su atribución a este manto puede resultar dudosa debido a la distancia a que se encuentra del gran afloramiento situado más al Este.

Dejando aparte el de Lújar, los mantos de este sector son muy parecidos entre sí. También el desarrollo del metamorfismo es semejante, sin sobrepasar la cristalización de estauroilita; a grandes rasgos, cada formación contiene las

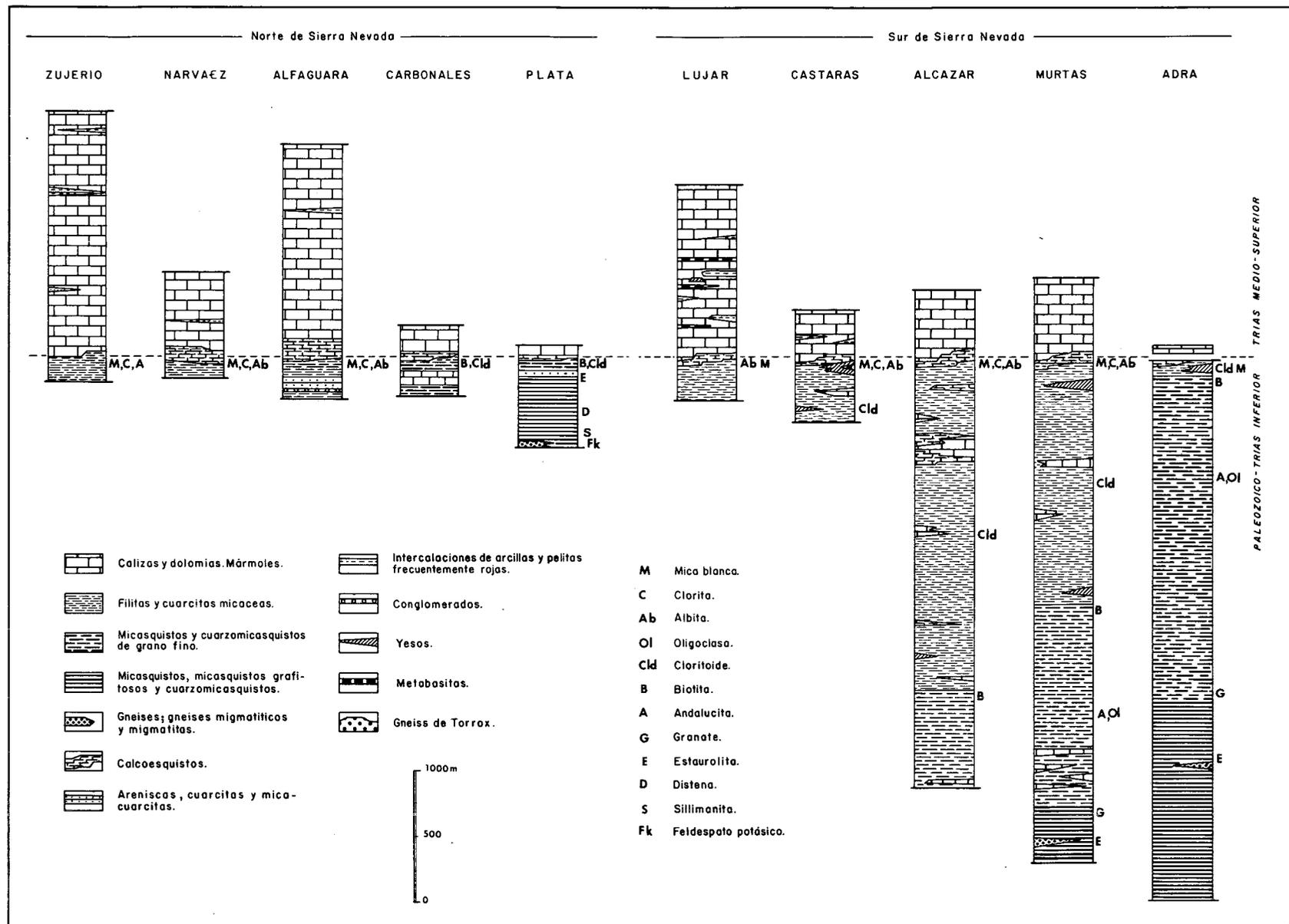


Fig. 2. Secuencias litoestratigráficas compuestas de los Mantos Alpujarrides de los sectores situados al N y S de Sierra Nevada. (Para el significado de los espesores y el valor indicativo de los símbolos de Minerales, véase el texto).

mismas asociaciones minerales en los distintos mantos. Las isogradas aparecen mucho más espaciadas que las de los mantos más altos del Norte y Sudoeste de Sierra Nevada (fig. 2 y 3). La cristalización de minerales de metamorfismo termina en la interfase D₂-D₃; después, sólo cristaliza algo de cuarzo o mica blanca sin-S₃.

Sierra de Gádor

Dentro del tercio central, aunque fuera del área representada en la fig. 1, se extiende la alineación montañosa de la Sierra de Gádor. Su conocimiento se debe fundamentalmente a los trabajos de Jacquin (1970), Orozco (1972), Baena y Voermans (en prensa) y Aldaya, Baena y Ewert (en prensa). La correlación entre los mantos que afloran a ambos lados del meridiano de Adra no ofrece dificultad tras los trabajos de Ewert y Navarro-Vilá (1979) y Aldaya y Ewert (1979).

Esta sierra está casi exclusivamente constituida por las calizas y dolomías triásicas del Manto de Lújar; las filitas permotriásicas basales afloran con cierta extensión hacia el NE.

En los alrededores de Berja, el Manto de Alcázar descansa sobre el de Lújar, pero se acuña hacia el Este y desaparece en unos pocos kilómetros. Sobre ellos, en general sobre el de Lújar, se sitúa el Manto de Murtas, al que se incorporan los klipps orientales del manto de Félix de Jacquin (1970).

Hacia el Este de la sierra, el Manto de Murtas pierde su base paleozoica por ascenso paulatino de la superficie de corrimiento basal, al tiempo que aparecen, y se hacen progresivamente más abundantes, niveles de areniscas y pelitas rojas muy poco o nada recrystalizadas, situadas inmediatamente bajo las calizas y dolomías triásicas. Estos niveles son muy parecidos a los materiales permo-triásicos maláguides, pero hacia abajo pasan en transición gradual a filitas y cuarcitas gris-azuladas.

El Manto de Adra sólo está representado por algunos klipps de escasa extensión y potencia, situados unos kilómetros al Norte de Berja, que constituyen los últimos testigos de este manto hacia el E.

LOS ALPUJARRIDES ENTRE MOTRIL Y VELEZ-MÁLAGA

Los Alpujarrides centrales, al Oeste del Meridiano de Motril, comprenden gran número de unidades tectónicas diferenciadas, con posterioridad a los trabajos de Boulín (1970), por Avidad y García-Dueñas (en prensa), Avidad et al. (en prensa), Elorza y García-Dueñas (en prensa) y Elorza et al. (en prensa). La composición litológica de estas unidades está esquematizada en la fig. 3.

En los alrededores de Motril (fig. 1), una unidad del Manto de La Herradura, equivalente a la Unidad del Jate, se apoya

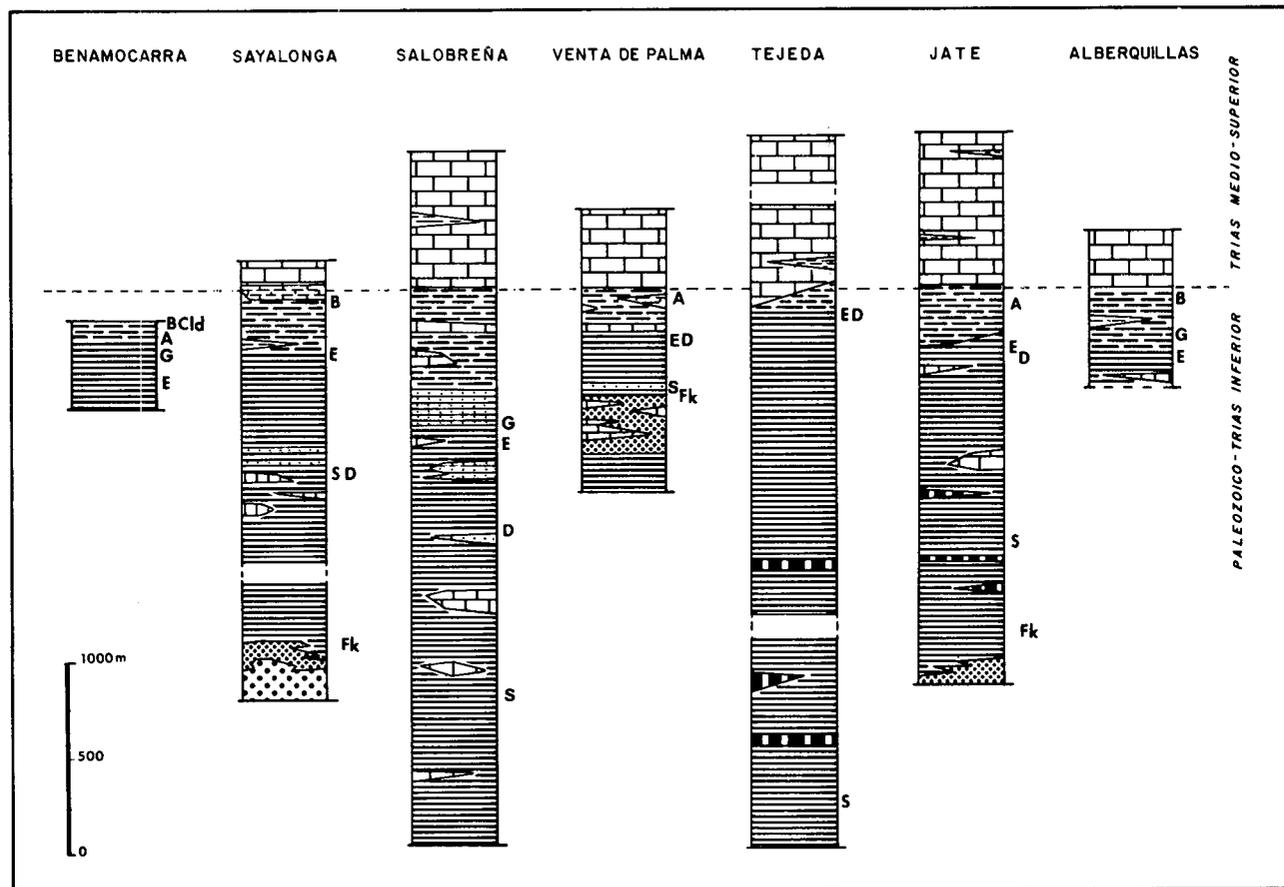


Fig. 3. Secuencias litoestratigráficas compuestas de las unidades alpujarrides existentes entre los meridianos de Motril y Vélez-Málaga. (La leyenda explicativa es la misma que la de la figura 2).

sobre el Manto de Alcázar. Esta unidad soporta el *Manto de Salobreña*, sobre el que descansa el klippe de Guindalera, perteneciente al *Manto de Los Guájares* (cf. Aldaya y García-Dueñas, 1976).

Es en el área entre Almuñécar y Vélez-Málaga donde este ordenamiento relativamente simple se complica. Los mantos parecen resolverse en un número variable de unidades de neta individualidad y problemática inclusión en alguno de los tres mantos ya indicados. La discusión de la afiliación y equivalencia mutua de las unidades alpujarrides existentes entre Motril y Vélez-Málaga se trata aparte (García-Dueñas, en preparación).

Los afloramientos de la *Unidad del Jate* están formados mayoritariamente por mármoles de su potente formación carbonatada triásica (Sierra de la Almirajara y afloramientos septentrionales limitados por la Depresión de Granada); los mármoles se acuñan tectónicamente hacia el Sur, cerca de la costa. En el valle del Río Jate se reconocen bien los términos metapelíticos de la unidad (de arriba hacia abajo): esquistos claros de grano fino con biotita y andalucita; cuarzomicasquistos grises, de tonalidades pardas hacia abajo, en los que sucesivamente aparecen estauroлита, distena y sillimanita y que poseen abundantes intercalaciones verdes, calcosilicadas y anfibolíticas; y esquistos oscuros, gneises y migmatitas, con sillimanita y feldespatos-k.

La *Unidad de La Tejada*, de naturaleza comparable a la del Jate, ocupa una posición inmediatamente superior; ambas se interpretan como una duplicación dentro del Manto de La Herradura. La relación estructural entre las unidades de La Tejada y del Jate se establece por medio de la *Escama de Calixto*, que puede ser parte de un flanco inverso cizallado. La escama corresponde a una franja discontinua de esquistos, recortada por un accidente reciente, y aparece unos 9 km al Norte de Nerja (fig. 1). El mismo accidente limita a la *Unidad de las Alberquillas*, que se considera transicional por el carácter intermedio de su litología y zonación metamórfica.

El *manto de Salobreña* se compone, de arriba a abajo, de una potente formación carbonatada, esquistos biotíticos de grano fino, cuarzomicasquistos, con granate en su parte baja y esquistos oscuros con estauroлита, distena y sillimanita sucesivamente. Su posición sobre el Manto de La Herradura es inequívoca al E del meridiano de Nerja; aún así, hacia el Norte, únicamente llega a estar compuesto por mármoles, que se superponen directamente a los del Jate. Al Oeste, sin embargo, el Manto de Salobreña parece ser sustituido posicionalmente en la pila por las Unidades de Canillas de Albaida y Venta de Palma, la primera de las cuales equivale a la parte basal de la segunda, cuya secuencia es más completa.

La secuencia de la *Unidad de Venta de Palma* consta, de arriba a abajo, de: formación carbonatada potente (Triás?), micaquistos biotíticos grises claros, micaquistos grises con estauroлита y distena y una sucesión basal en la que coexisten esquistos muy metamórficos, más o menos oscuros, abundantes mármoles y gneises con sillimanita y feldespatos-k.

La *Unidad de Sayalonga* y la *del Charcón*, superpuestas respectivamente a las de Canillas de Albaida y Venta de Palma, son equivalentes entre sí. La secuencia de Sayalonga, la más completa, comprende: formación carbonatada superior de reducido espesor; micaquistos grises con clorita y biotita, y andalucita en la parte baja; potente paquete de cuarzomicasquistos y micaquistos grafitosos negros con estauroлита y sillimanita (la zona de la distena no es diferenciable por encima de la isograda de la sillimanita); gneises

y gneises migmatíticos con feldespatos-k y Gneis de Torrox («augengneiss»).

Las Unidades de Sayalonga y Charcón, junto con el Klippe de Guindalera y otros afines, situados más al Norte, forman el Manto de Los Guájares, que ha debido ser un elemento tectónico continuo, apoyado sobre diferentes unidades.

Finalmente hay que mencionar la *Unidad de Benamocarra*, constituida por esquistos oscuros con biotita, andalucita, granate y estauroлита (de arriba a abajo), considerada provisionalmente como base de los Maláguides por Boulin (1970); creemos más acertada su atribución alpujarride, sostenible por diversas razones. Se trataría, según esta última hipótesis, de la unidad alpujarride más alta, con un grado de metamorfismo menor que el de su inmediata inferior, la Unidad de Sayalonga. Carece de representación al Este de Vélez-Málaga, si se exceptúa algún klippe próximo a Guindalera, recogido en la figura 1 como parte del Manto de Los Guájares.

LOS ALPUJÁRRIDES DEL NORTE Y OESTE DE LA SIERRA NEVADA

Sierras del Tocón

Se han diferenciado cinco unidades alóctonas en las Sierras del Tocón, al Norte de Sierra Nevada (Navarro-Vilá, 1976). Son, de abajo a arriba, los Mantos del Zujerio, Narváz, La Alfaguara, Carbonales y La Plata (fig. 1 y 2).

El *Manto del Zujerio*, que ha sido correlacionado recientemente con el de Lújar (Ewert y Navarro-Vilá, 1979), muestra muy pocas diferencias con éste; estriban principalmente en el espesor de algunos tramos de la secuencia carbonatada y en la presencia, generalizada en el Norte, de la base filítica, que aflora más escasamente al Sur.

El *Manto de Narváz* se caracteriza por una formación de filitas semejante a la del Manto del Zujerio y por una formación carbonatada frecuentemente bien estratificada en bancos delgados o muy delgados y con una constante recristalización. El Manto de Narváz se apoya directamente sobre los Nevado-Filábrides en el extremo oriental de las Sierras del Tocón (por ausencia del Manto del Zujerio).

El *Manto de La Alfaguara* es el que ocupa mayor extensión. Son característicos el color rojo que suelen tener sus filitas y los tramos de cuarcitas claras que se intercalan entre ellas. La formación carbonatada triásica es muy potente, en su mayor parte dolomítica y masiva.

En el *Manto de Carbonales* el metamorfismo del techo de la sucesión metapelítica alcanza la zona biotita-cloritoide; entre los esquistos biotíticos existen importantes intercalaciones de mármoles. La formación carbonatada triásica está mucho menos desarrollada que la de los mantos inferiores. En general, los afloramientos de este manto no son muy grandes y aparecen en klippes dispersos sobre cualquiera de los mantos anteriores.

El *Manto de La Plata* es el más metamórfico. La formación carbonatada superior, no muy potente, está constituida por mármoles y la secuencia metapelítica inferior, de micaquistos oscuros con delgadas intercalaciones más cuarcíticas, muestra un desarrollo muy completo del metamorfismo progresivo, ya que abarca desde micaquistos biotíticos de grano fino, por debajo de los mármoles superiores, hasta esquistos de la zona de sillimanita-feldespatos potásico,

con migmatización en los niveles más bajos. También este manto aflora desmembrado en numerosos klippen, que reposan sobre cualquiera de los restantes mantos.

Unidades maláguides se apoyan sobre los Mantos de La Alfaguara y de La Plata en las Sierras del Tocón. También existen testigos de otras unidades aún más altas, corridas sobre Alpujárrides y Maláguides: las Coberteras Suprabéticas (García-Dueñas y Navarro-Vilá, 1976); han sido consideradas como representativas del complejo de «flyschs alóctonos» del Campo de Gibraltar.

Borde occidental de Sierra Nevada

Se puede admitir que, entre Güéjar-Sierra y Dúrcal, existen tres unidades alpujárrides principales (Gallegos, 1975).

La unidad más baja es el llamado *Manto de Viboras*, correlacionado con los de Lújar y Zuherio, según los datos que de él se conocían; de hecho, la parte septentrional de Viboras es continuación formal del Manto del Zuherio.

El *Manto de Trevenque* se halla en posición superior y de él se han hecho descripciones que lo asemejan grandemente al Manto de La Alfaguara, al menos en sus afloramientos situados al Norte de Dúrcal. Existen, además, pequeños klippen de micasquistos oscuros que, por su posición tectónica y grado de metamorfismo, se han asimilado (fig. 1) al Manto de los Guájares y, dentro de él, al conjunto de klippen de Guindalera.

Sierra de Baza

Con las unidades que en ella afloran se completa la descripción de los Alpujárrides centrales. No hemos realizado observaciones personales en la Sierra de Baza y los datos disponibles proceden de Delgado (1971, 1978); con esa información y por la proximidad a las Sierras del Tocón, no es excesivamente comprometido efectuar la correlación de las unidades respectivas.

Delgado (op. cit.) ha diferenciado varias unidades alpujárrides en la Sierra de Baza. Las dos inferiores, *Santa Bárbara* y *Quintana*, han sido consideradas por el autor como asimilables al Manto de Lújar. Son semejantes al Manto del Zuherio (Navarro-Vilá, 1976) y quizás puedan ser consideradas como una duplicación de un manto como el de Lújar.

En la esquina sudeste de la sierra aflora una unidad poco extendida, que ha sido considerada por Delgado como equivalente a la *Unidad de Tética* (Leine, in Egeler y Simon, 1969) del Conjunto Ballabona-Cucharón.

Otros elementos más altos en la Sierra de Baza, son las unidades de *Blanquizares* y *Hernán-Valle*, correlacionables, respectivamente, con los Mantos de La Alfaguara y de La Plata. En los klippen de la Unidad de Hernán-Valle faltan, no obstante, los términos de esquistos con distena, esquistos con sillimanita y gneises migmatíticos, bien conocidos en el Manto de La Plata, pero este hecho puede suponerse relacionado con un cambio de nivel de la superficie de corrimiento.

Como se ve, la correlación de las unidades de la Sierra de Baza con otras alpujárrides del tercio central de la Cordillera, no presenta dificultad ni ofrece dudas, a pesar de la falta de continuidad formal.

RELACIONES ENTRE ALPUJÁRRIDES DEL TERCIO CENTRAL

Una consideración conjunta de los Alpujárrides centrales pone de manifiesto heterogeneidades, dignas de ser discutidas, entre los tres sectores considerados.

Un cambio notable en la naturaleza de los mantos se encuentra a uno y otro lado del meridiano de Motril. Al Oeste, los Mantos de La Herradura (Unidad del Jate) y Salobreña, en este orden, se sitúan sobre el Manto de Alcázar, mientras que, al Este, lo hacen los mantos de Murtas y Adra.

La equivalencia del Manto de Murtas con la Unidad del Jate es harto problemática; es cierto que el grado metamórfico de ésta última decrece notablemente hacia el Este, pero no hay paso transicional lateral de uno a otra, ni tampoco las secuencias litológicas son en todo equiparables. Podría tratarse de una sustitución, por acuñamiento hacia el Oeste, del Manto de Murtas por el Manto de La Herradura, de posición superior. Por el contrario, la posible equivalencia del Manto de Salobreña con el de Adra, a través del Klippe de Cabo Sacratif es verosímil, admitiendo una disminución en el grado metamórfico de Oeste a Este. Algo parecido podría pensarse al plantear la posible continuidad de los Mantos de Murtas y Salobreña, la cual, de ser cierta, llevaría aparejada la desaparición lateral de las unidades representativas del Manto de La Herradura. Es más que probable que los Mantos de Murtas y Adra, tan semejantes entre sí, sean de posición geométrica más baja que el Manto de los Guájares.

Respecto a los mantos situados en las vertientes del Norte y Oeste de Sierra Nevada, puede sostenerse la correspondencia posicional entre el Manto de Narváez y los de Alcázar o Cástaras, ya que descansan sobre los de Zuherio y Lújar, que son equivalentes entre sí. Dada la plausible identidad de los Mantos del Trevenque y La Alfaguara, éste último superpuesto al de Narváez, la cuestión más delicada que puede plantearse se refiere a la correlación entre ellos y el Manto de La Herradura o bien, con los de Adra y Murtas; a estos efectos es significativo cómo a la altura de Dúrcal, en la vertiente occidental de Sierra Nevada (fig. 1), la aparición del Manto del Trevenque coincide con la desaparición hacia el Norte del Manto de Alcázar. Combinando críticamente las diversas posibilidades, cabe que el Manto del Trevenque guarde relación con el de Alcázar, bien porque resulten ser el mismo manto, bien porque el del Trevenque sea un elemento tectónico más alto, superpuesto al de Alcázar, pudiendo representar una unidad intermedia con el Manto de La Herradura. Resulta más verosímil la segunda hipótesis, si se comparan las formaciones carbonatadas de los mantos considerados.

Aunque los Mantos de Trevenque y Alfaguara carecen de esquistos paleozoicos, podrían correlacionarse con los Mantos de La Herradura o Murtas y Adra, por su posición en el seno de la pila de mantos. Un argumento favorable a la asimilación con Herradura es la proximidad entre klippen con metapelitas de Herradura y el Manto de Trevenque, al sudeste de Dúrcal, coincidiendo con el acuñamiento del Manto de Alcázar.

Por su parte, el Manto de La Plata es muy semejante al de Los Guájares; en realidad, son muchos los klippen de posición y naturaleza idéntica al de Guindalera que avalan la correlación y, de hecho, el mismo Manto de La Plata está compuesto por varios klippen. Menos evidente es la incorporación del Manto de Carbonales, más bajo, al homogéneo

conjunto precedente, ya que se encuentra desprovisto de base paleozoica; ahora bien, el grado metamórfico de los términos reconocidos (fig. 2) justifica su asimilación con unidades como las del Charcón y Guindalera, y menos probablemente, con otras del Manto de Salobreña.

AGRUPAMIENTO DE LOS MANTOS ALPUJÁRRIDES

CRITERIOS DE CORRELACIÓN Y AGRUPAMIENTO

La multiplicidad de unidades alpujárrides, diferenciadas o nominadas por diversos autores y con variados criterios, incita a emprender su correlación y agrupamiento, de forma que cada *Grupo*, al estar constituido por elementos tectónicos bien individualizados y de común afinidad, no sea un complejo indiferenciado y tenga una entidad definida. Para ello, es ineludible partir de una correcta diferenciación de las unidades y mantos.

La subdivisión deseable, en *grupos de mantos*, tendría otros fines más allá de los puramente sistemáticos, pues habría de pretender la distinción de subconjuntos con significación orogénica superior a la de los mantos individuales, y esto como paso previo a la delimitación de dominios orogénicos. Es decir, para distinguir grupos, se considerarían los caracteres de origen paleogeográfico y las diferencias de índole metamórfica y estructural. En suma, se trata de aplicar, una vez jerarquizados, criterios semejantes a los utilizables para distinguir unidades alpujárrides entre sí.

La comparación estratigráfica, en especial de los términos atribuidos al Triásico y Pérmico, ha resultado fructífera para diferenciar los grandes conjuntos béticos: Maláguides, Alpujárrides y Nevado-Filábrides, los cuales difieren además en otros aspectos, como el grado o tipo de metamorfismo (contraste entre alguna de las sucesivas series de facies). Pero el mismo criterio posee un valor restringido para los Alpujárrides, porque la constancia paleogeográfica de las facies sedimentarias excede a la extensión superficial de los elementos ahora individualizados entre cada dos grandes cizallas consecutivas; por otro lado, dentro de una misma unidad y considerando series referibles al mismo intervalo de tiempo, pueden existir cambios litológicos de entidad semejante a los detectados cuando se comparan unidades. Al analizar, por ejemplo, las facies carbonatadas triásicas, lo resaltante es la permanencia de condiciones bastante uniformes en todo el ámbito de sedimentación. Ha sido pequeña, en general, la influencia directa de los dispositivos paleogeográficos en la individualización de mantos alpujárrides; las traslaciones se han verificado después de una prolongada historia metamórfica y estructural, por lo cual el emplazamiento de las superficies de corrimiento es la expresión de una situación mecánica, apenas condicionada por inhomogeneidades litológicas laterales (cf. Aldaya, 1969 b). En consecuencia, hay que extremar el cuidado cuando se aplican criterios estratigráficos en la correlación tectónica de los Alpujárrides.

Por su parte, las isogradas del metamorfismo son poco oblicuas a las superficies de corrimiento (cizallas principales). La frecuente disposición subparalela de las zonas de minerales metamórficos, respecto a los contactos entre formaciones y a las grandes superficies de cizalla, se conserva en extensiones notables y cuando divergen, lo hacen progresiva y gradualmente, salvo contadas excepciones; este com-

portamiento se ha comprobado reiteradamente en los Alpujárrides centrales (Aldaya, 1969 b; Navarro-Vilá, 1976; Elorza y García-Dueñas, en prensa). Cuando en algunos casos, la zona de un mineral índice es cortada bruscamente por una superficie tectónica, la causa suele ser un cambio de nivel, ascendente o descendente, de la superficie y no obedece a una modificación en el trazado de las isogradas.

La comparación del grado de metamorfismo de cada manto, deducido al confrontar las asociaciones minerales de términos equiparables en las respectivas sucesiones, hace válida una regla con escasas salvedades; según ella, conforme se asciende en la pila alpujárride, el grado de metamorfismo de cada unidad es el mismo o mayor que el de la unidad precedente. Como el metamorfismo es siempre más intenso hacia la base de cada manto, el resultado global es una superposición de unidades en la que cada contacto de corrimiento determina la colocación de rocas más metamórficas sobre otras que lo son menos.

La pila alpujárride posee: los mantos más metamorfizados en posición superior, un metamorfismo creciente hacia abajo dentro de cada manto y, habitualmente, una recurrencia en la intensidad metamórfica a nivel de cada gran superficie de cizalla. Los cambios de nivel de las superficies de corrimiento, sean primigenios u originados durante el proceso de traslación, controlan el número de términos presentes en la secuencia de los mantos, dando apariencia distinta a unidades que son homologables. Por añadidura, la acción de cizallas secundarias, u otras satélites de las principales, y los despegues o laminaciones de diversa naturaleza han cambiado el desarrollo original de las zonas de minerales índice y de las formaciones.

En síntesis, los criterios utilizados para agrupar los Mantos Alpujárrides y para efectuar correlaciones tectónicas entre grupos de mantos, son:

- a) Hasta donde es factible, las afinidades estratigráficas, complementadas por otros datos como mineralizaciones asociadas, etc.
- b) Los caracteres derivados de la evolución metamórfica: asociaciones de minerales, posición de las isogradas en la sucesión, series de facies.
- c) La posición de las superficies de corrimiento con respecto a la secuencia de cada manto; este criterio se tiene que usar con suma cautela porque también hay laminaciones y cambios de nivel en las superficies de cizalla dentro de un mismo manto.
- d) La posición tectónica de las unidades en la pila de mantos, ya sea la posición relativa en el seno del apilamiento o respecto de unidades con continuidad formal.
- e) La utilización simultánea de varios de estos criterios y que sean concurrentes, evitando apoyarse en uno solo de ellos.

GRUPOS DE MANTOS ALPUJÁRRIDES

El primer intento de subdivisión de los Alpujárrides, una vez separado el Conjunto de Ballabona-Cucharón, ha sido realizado por Simon, Westerhof y Rondeel (1976); distinguieron un «conjunto alpujárride inferior» y un «conjunto alpujárride superior», «según el desarrollo litoestratigráfico de las series (permo-)triásicas». El conjunto inferior comprendía el Manto de Cástaras y el de Lújar, con sus unidades equivalentes de los Alpujárrides centrales, más la unidad de San Ginés (Ovejero et al., 1976) de los orientales; el conjunto superior reunía a todas las unidades restantes.

Por el contrario, al aplicar los criterios de agrupamiento ya expuestos, se llegan a establecer en los Alpujárrides centrales, hasta cuatro grupos de mantos distintos (Grupos Lújar, Guadalfeo, Contraviesa y Almirajara), algunos de los cuales todavía pueden ser subdivididos en subgrupos.

Los grupos así definidos facilitan la identificación tectónica de las unidades alpujárrides de un sector cualquiera, porque, con los datos disponibles, es más viable detectar o indagar la presencia de un grupo que la de un manto.

Grupo Lújar

El grupo Lújar está compuesto por los Mantos de Lújar, Víboras y Zujerio, en el tercio central de la Cordillera, a partir de los cuales se define (fig. 1).

Los mantos de este grupo ocupan la posición más baja dentro del edificio alpujárride y se hallan siempre en contacto con los Nevado-Filábrides. Sus filitas son las menos recrystalizadas de los Alpujárrides y, cuando afloran, tienen poco espesor; en algún caso, la formación carbonatada contacta directamente con los Nevado-Filábrides.

La formación carbonatada triásica posee un desarrollo notable en el Grupo Lújar (supera los 1000-1500 m) y se distinguen en ella mayor número de miembros que en secuencias equivalentes de los restantes grupos. En general, las rocas están muy poco o nada recrystalizadas, con abundantes restos fósiles y frecuentes estructuras sedimentarias; en bastantes puntos aparecen niveles de brechas sedimentarias y fenómenos de «slumping» que, con cierta constancia, se sitúan hacia la parte baja de las capas de edad Carniense, dentro de la «formación Mármol negro» de Ewert (1976). Con mayor abundancia que en mantos de otros grupos, la formación carbonatada incluye rocas volcánicas básicas interstratificadas, yeso primario, niveles de meta-arcillitas, margas y margocalizas, y mineralizaciones estratiformes de galena y fluorita.

Dentro del Grupo Lújar se ha distinguido el *Subgrupo Ballabona-Cucharón*, representado por la mayor parte de las unidades que habían sido englobadas en el complejo del mismo nombre en los Alpujárrides orientales. La subdivisión se ha realizado en atención a singularidades litoestratigráficas; la individualidad tectónica del llamado Complejo de Ballabona-Cucharón será discutida más adelante.

Grupo Guadalfeo

El Grupo Guadalfeo incluye mantos como los de Alcázar y Cástaras, que lo tipifican, o los del Subgrupo Alfaguara. En todos ellos la superficie de corrimiento se ha emplazado dentro de la formación de filitas; excepcionalmente la superficie se halla fuera de la formación, próxima a su techo o muro. Este hecho sería irrelevante si se diera en un área restringida, pues mantos de los Grupos Contraviesa y Almirajara llegan a estar localmente desprovistos de su base paleozoica, pero adquiere importancia cuando ocurre de manera general para un grupo de mantos que ocupa una posición concreta en el apilamiento alpujárride.

Los mantos del Grupo Guadalfeo se sitúan sobre los del Grupo Lújar, salvo en casos menos frecuentes, en que contactan con los Nevado-Filábrides.

La formación de filitas y cuarcitas aparece bien desarrollada, bien recrystalizada y con un bajo metamorfismo,

comparable al que presenta en los mantos del Grupo Contraviesa. Salvo un afloramiento, faltan formaciones más antiguas (ver Manto de Alcázar, epígrafe «Los Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada»).

La formación carbonatada triásica conserva potencias extremadamente variables en torno al centenar de metros; en muchos puntos está ausente y alguna vez, presenta bruscas variaciones de espesor, desde algunos metros hasta varios hectómetros. Su litología es bastante uniforme y el grado de recrystalización alto.

El *Subgrupo Alfaguara* se ha individualizado, sobre todo, por las particularidades litoestratigráficas de los mantos que lo caracterizan (Alfaguara y Trevenque). Sus unidades reposan con mucha frecuencia sobre las del Grupo Lújar y a veces sobre el manto inferior del Grupo Guadalfeo. La posición tectónica en el seno de la pila de mantos es constante y bien definida, pero su relación con las unidades que constituyen el resto del grupo está sujeta a controversia (ver epígrafe «Relaciones entre Alpujárrides del tercio central»). Conviene recordar el posible carácter intermedio de sus mantos con otros de los grupos Contraviesa o Almirajara (M. de la Herradura, concretamente).

En el subgrupo Alfaguara, la formación de filitas y cuarcitas puede tener términos rojos muy pocos recrystalizados, localmente areniscosos y conglomeráticos, comparables a los de ciertos afloramientos del Manto de Murtas (Grupo Contraviesa); la formación carbonatada superior es muy potente (hasta 1.000-1.500 m), predominantemente dolomítica y marmórea, con gruesos tramos de apariencia masiva.

Grupo Contraviesa

El Grupo Contraviesa, que incluye mantos con base paleozoica bien desarrollada, se ha definido a partir de los Mantos de Murtas y Adra. Se sitúa en general sobre el Grupo Guadalfeo, pero como éste y, en menor medida, el de Lújar no son continuos, el Grupo Contraviesa se llega a superponer a unidades muy diferentes. Por encima, en algunos sectores, se encuentran las unidades maláguides.

La secuencia metapelítica, que en total puede alcanzar varios km de espesor, comienza, por abajo, con una potente formación de micasquistos oscuros, a menudo grafitosos, con granate y estaurolita; sigue una potente formación de cuarzosquistos y esquistos con biotita, de tonalidades pardo-rojizas; ambas pueden atribuirse al Paleozoico. Sobre ella se sitúan las filitas y cuarcitas permo-triásicas, potentes, con bajo metamorfismo. La formación carbonatada triásica, ausente en muchos sectores, puede llegar a alcanzar, en otros, unos pocos cientos de metros de potencia; presenta poca variedad de términos y un notable grado de recrystalización, predominando en ella las dolomías.

Grupo Almirajara

Está constituido por numerosos mantos y unidades, cuya característica común más significativa es el intenso metamorfismo que han sufrido. Tectónicamente, se colocan sobre cualquiera de los mantos del Grupo Guadalfeo, habitualmente sobre los de Alcázar y Alfaguara-Trevenque, aunque en ocasiones cabalgan directamente al Grupo Lújar, al Norte de Sierra Nevada; hasta ahora no se han encontrado relacionados por un contacto de corrimiento con mantos del Grupo

Contraviesa, lo que suscita el problema de correlación entre este último grupo y los dos mantos inferiores del Grupo Almjara (véase epígrafe «Relaciones entre Alpujárrides del tercio central»).

El único manto del Grupo con una extensa área de distribución es el de Los Guájares, que podría haber recubierto buena parte del apilamiento alpujárride.

Las secuencias litoestratigráficas del Grupo Almjara (Alpujárrides centrales) han conservado representación de todas las formaciones de la sucesión alpujárride. Lo que cambia mucho de unas unidades a otras es el desarrollo de cada una de estas formaciones; así ocurre con el equivalente de la «formación de filitas y cuarcitas» (aquí, esquistos con biotita, al menos) y con el tramo superior, más cuarcítico, de la serie paleozoica basal, muchísimo más potentes en el Manto de la Herradura que en los restantes. En contrapartida, el tramo inferior de los esquistos paleozoicos basales del mismo manto está mucho más reducido que en el Manto de Los Guájares.

La evolución metamórfica ha determinado la cristalización de paragénesis propias de las facies de grado alto, siendo notoria la proximidad de las isogradas de minerales índice y la posición extremadamente elevada de las zonas de minerales metamórficos en las secuencias (p.ej.: mármoles con biotita en la formación carbonatada de muchas unidades y la insólita presencia de esquistos con estauroлита y distena en niveles del Manto de la Herradura posiblemente correlacionables con términos próximos a la base de la formación de filitas de la sucesión alpujárride tipo).

La totalidad de las características diferenciales enumeradas, patentes en unidades localizadas a niveles fijos en la pila de mantos, permitiría la individualización de un Subgrupo superior, comprendiendo las unidades afines al Manto de Los Guájares, y otro inferior, Herradura. El Manto de Salobreña, y algunas otras unidades, tendría un carácter intermedio entre esos dos posibles subgrupos del Grupo Almjara.

La subdivisión esbozada refleja con exactitud lo que ocurre en los Alpujárrides centrales, pero en la correlación con otras áreas no es posible descender a ese detalle.

TENTATIVA DE CORRELACIÓN CON OTRAS ÁREAS DE LA CORDILLERA

La correlación de las unidades de otras áreas, con los grupos definidos a partir de los Alpujárrides centrales, está supeditada a una circunstancia transitoria: el desigual grado de conocimiento de las diferentes áreas alpujárrides.

Es imposible, de antemano, la comparación pormenorizada con los Alpujárrides occidentales, cuyas unidades manifiestan destacadas singularidades. Importantes masas de ultramafitas se sitúan en la parte basal de sus secuencias, asociadas a facies de granulitas, aunque más arriba, sucesiones de esquistos, con variable grado de metamorfismo progresivo, muestran semejanzas con las secuencias de ciertos mantos del Grupo Almjara (Campos, García-Dueñas, Navarro-Vilá y Tubía, datos inéditos); ahora bien, de los Alpujárrides que afloran al Oeste del meridiano de Málaga, se desconoce el número de elementos tectónicos presentes y también la extensión y límites de las unidades diferenciadas, y constituye un interrogante permanente la posición de potentes series de mármoles, con intercalaciones (esquistos, anfíbolitas, etc.), dentro de la secuencia estratigráfica general. En consecuencia, se aplaza el problema de correlación de

los Alpujárrides Occidentales hasta el momento, más favorable, en que finalicen los trabajos que varios autores llevan a cabo en el área.

En el tercio oriental de la Zona Bética se ha definido el Complejo o Conjunto de Ballabona-Cucharón (Egeler y Simón, 1969; Egeler, et al., 1971), al que se ha llegado a asignar una significación especialmente importante (Simon et al., 1976).

El Conjunto agrupó «un cierto número de unidades emparentadas, cuya posición tectónica ha sido muy discutida durante mucho tiempo y cuya relación mutua no es todavía efectivamente cierta» (Egeler y Simon, 1969), siendo su posición intermedia entre Nevado-Filábride y Alpujárrides. Se caracteriza por una sucesión estratigráfica triásica en la que alternan «series pelito-psammiticas» y «series carbonatadas», con abundantes intercalaciones de yeso, carníolas y rocas mafíticas. El grado de metamorfismo es comparable «al que presenta el conjunto alpujárride inferior», pero «en varios lugares, el metamorfismo inicial está caracterizado por la presencia de minerales del grupo glaucofana-crossita» (Simon, et al., 1976; p. 601).

La atribución de unidades al Complejo de Ballabona-Cucharón ha resultado conflictiva para los propios autores que lo definieron. En efecto, al complejo en cuestión, propuesto como un conjunto tectónico de primera importancia, con entidad paleogeográfica comparable a los Alpujárrides o Nevado-Filábrides, se han asimilado ocasionalmente unidades muy diversas: la Unidad de las Nieves de Dürr (1963), parte de la de Yunquera de Höeppener et al. (1964), el Manto de Lújar, así como afloramientos de unidades situadas entre Aguilas y Mazarrón. Rondeel y Simon (1974, fig. 1) incluyen, además, un afloramiento, que ha resultado ser del Grupo Almjara, situado unos 20 km al WNW de Motril, cuyos mármoles contienen moscovita, biotita y anfíboles. Egeler (1974) y Kampschuur y Rondeel (1975) restringen la extensión del Complejo, limitándolo al área situada al Este del meridiano de Almería y conservando dentro de él los afloramientos previamente conocidos de dicha área. Por último, Simon et al. (1976) han extraído también del Complejo de Ballabona-Cucharón unidades de la vertiente meridional de la Sierra de Almenara, entre Aguilas y Mazarrón.

Es evidente que en el tercio oriental de la Zona Bética y al Norte de los Nevado-Filábrides, afloran varias unidades con características litoestratigráficas peculiares y en una posición tectónica bien definida. Pero, en nuestra opinión, no se debe asignar a estas unidades una individualidad estratigráfica y tectónica tan grande como la que se les ha dado, basada fundamentalmente en diferencias de facies sedimentarias. Su posición tectónica entre los Nevado-Filábrides y unidades del Grupo Contraviesa obliga a pensar en la equivalencia con mantos de los Grupos Lújar o Guadalfeo; pero por consideraciones litoestratigráficas y por su muy pequeño grado de recristalización metamórfica se asocian definitivamente al Manto de Lújar.

Los autores que definieron el Complejo de Ballabona-Cucharón han sostenido durante mucho tiempo esta misma asociación. Incluso unidades que permanecen dentro del Complejo, como las de la Sierra de Orihuela (Simon et al. 1976), son más afines al Manto de Lújar que a las unidades de Ballabona y Almagro-Cucharón, tal como se conocen en la Sierra de Almagro; los mismos autores aseguran que las diferencias entre el Ballabona-Cucharón y unidades de tipo Lújar son, «sobre todo de naturaleza cuantitativa».

A pesar de las semejanzas aludidas, las peculiaridades litoestratigráficas de varias de las unidades del Complejo de Ballabona-Cucharón, justifican su integración en el Subgrupo Ballabona-Cucharón, como parte del Grupo Lújar.

Otro aspecto capital es el relativo al tipo de metamorfismo de las unidades de Ballabona-Cucharón. El hallazgo de probable crossita en algunas muestras de metabasitas —Kampschuur, 1972, pág. 41: «Some metabasites from the Carrascoy unit contain a blue amphibole exhibiting the optical properties of crossite»— llevó a Rondeel y Simon (1974, fig. 6) a incluir una buena parte de los afloramientos del Ballabona-Cucharón en el dominio de las facies de esquistos con glaucófana. Aparte de estas referencias, no se ha citado la presencia de minerales que demuestren la existencia de asociaciones de las facies de esquistos con glaucófana en las metabasitas de Ballabona-Cucharón.

En nuestra opinión, el considerar al Ballabona-Cucharón como un dominio de facies de alta presión es, por ahora, prematuro y arriesgado, lo mismo que el pretender establecer algún tipo de correlación entre su evolución metamórfica y la de los Nevado-Filábrides.

LOS ALPUJÁRRIDES AL SUR DE LA SIERRA DE LOS FILABRES

Sierra Alhamilla

El núcleo de la Sierra Alhamilla está constituido por una potente sucesión de micasquistos que han sido atribuidos por varios autores a los Alpujárrides. Estamos de acuerdo con Voermans (in Baena y Voermans, en prensa) y con otros autores en que estos micasquistos son Nevado-Filábrides.

Sobre los materiales nevado-filábrides descansan dos unidades alpujárrides, ninguna de ellas continua. La más baja puede ser correlacionada con el Manto de Lújar; contiene unas filitas basales poco recrystalizadas, coronadas por una sucesión carbonatada triásica, asimismo poco recrystalizada, que incluye las mineralizaciones de Coto Laisquez (Jacquin, 1970). El Grupo Contraviesa aparece representado por una unidad que ha sido correctamente correlacionada con el Manto de Murtas (Baena y Voermans, en prensa); se trata de una unidad que localmente conserva una formación basal de micasquistos grafitosos con granate y que, en ciertos sectores, contiene las filitas y pelitas rojizas que son características de los klippen más orientales del Manto de Murtas (Simon y Ewert, com. oral).

Sierra de Cabrera

La Sierra Alhamilla se prolonga hacia el Este por medio de una estrecha alineación, que se extiende hasta la Sierra de Cabrera. En dicha alineación parece posible la existencia de una unidad alpujárride del Grupo Contraviesa, sobre los materiales nevado-filábrides.

En la Sierra de Cabrera, Rondeel (1965) describe con bastante claridad una unidad asimilable al Grupo Contraviesa, unidad con todos los términos de la sucesión alpujá-

Fig. 4. Esquema tectónico de los Alpujárrides centrales y orientales, con representación de los Grupos de mantos diferenciados. (A partir del mapa geológico de la Zona Bética elaborado por García-Dueñas y Navarro-Vilá para la nueva edición del Mapa Geológico de España 1:1.000.000, I.G.M.E.).

rride, incluida la formación inferior de micasquistos granatíferos.

Más al Sur, Westra (1969) encuentra una estrecha banda, constituida por micasquistos, en los que se alcanza la cristalización de sillimanita y donde aparecen gneises migmatíticos con feldespatos-K. El alto grado de metamorfismo de estos materiales alpujárrides obliga a individualizarlos como parte de una unidad independiente de las demás unidades alpujárrides próximas. Los contactos, que en la actualidad limitan esta banda de micasquistos, son poco indicativos, pues son superficies tectónicas tardías, posteriores al Mioceno; desde luego, no son éstas las superficies según las cuales se realizó la traslación principal de estas unidades.

Es razonable admitir que se trata de unidades altas del Grupo Almjara, que estaría presente al Sur de Sierra de Cabrera. Las relaciones metamorfismo-deformación, si bien algo simplificadas en el trabajo de Westra, permiten reconocer una historia metamórfica semejante a la establecida más al Oeste para unidades como las de Sayalonga, La Plata, etc.

LOS ALPUJÁRRIDES AL NORTE DE FILABRES-ALMENARA

En esta amplia región afloran numerosas unidades alpujárrides, algunas muy dispersas y rodeadas por grandes extensiones de materiales post-manto.

Los afloramientos mejor conocidos pertenecen a las elevaciones que, con dirección general SW-NE, se alinean desde la extremidad oriental de la Sierra de los Filabres hasta los alrededores de Murcia (Sierras de Almagro, Enmedio, Carrascoy, Orihuela y Callosa de Segura); precisamente estas elevaciones comprenden la mayor parte de los afloramientos pertenecientes al Conjunto Ballabona-Cucharón, en el sentido de Simon et al. (1976).

Al N de la Sierra de los Filabres y en la *alineación de la Sierra de las Estancias*, (Hoja de Cantoria), se encuentran diferenciadas cuatro unidades alpujárrides (Gómez et al., en prensa); las unidades más bajas (Partalao, La Granja), compuestas de filitas y formación carbonatada, pueden representar con verosimilitud al Grupo Guadalfeo, ya que en la Sierra de las Estancias carecen de base paleozoica.

Más al S, en la franja alpujárride sobre la que se asienta Macael (fig. 4), se han señalado unidades con una base paleozoica de esquistos oscuros con granate, consideradas como equivalentes a las de Partalao y La Granja; dichos términos paleozoicos están imbricados entre filitas y, en nuestra opinión, podrían pertenecer a otra unidad que hemos incluido en el Grupo Contraviesa.

La unidad más elevada en la parte occidental de las Estancias es equivalente a la de Hernán-Valle (Delgado, 1978) y, como ésta, puede incluirse sin dificultad en el Grupo Almjara.

Unidades de posición intermedia entre Partalao (Grupo Guadalfeo) y las equivalentes a Hernán Valle (Grupo Almjara) se extienden por el resto de la Sierra de las Estancias; son asimilables al Grupo Contraviesa. De Vries y Zwaan (1967) definieron allí las formaciones alpujárrides y sus datos concuerdan con los recogidos en los Mantos de Murtas y Adra, de La Contraviesa; el grado de metamorfismo, para los distintos términos de la sucesión, es igualmente comparable (recientemente se ha señalado la existencia de estaurrolita en estas secuencias). Aunque con algunas reser-

ESQUEMA TECTONICO DE LOS MANTOS TERCIOS CENTRAL Y ORIENTAL

LEYENDA

 Materiales post-mantos.

 Zona Subbética y otras unidades afines.

 Complejo Colmenar-Periana.
Coberteras Suprabeticas.

 Maláguides.

ALPUJARRIDES

 Grupo de la Almirara.

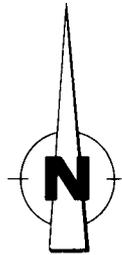
 Grupo de la Contraviesa.

 Grupo Guadalfeo.
Subgrupo Alfaguara, (punteado).

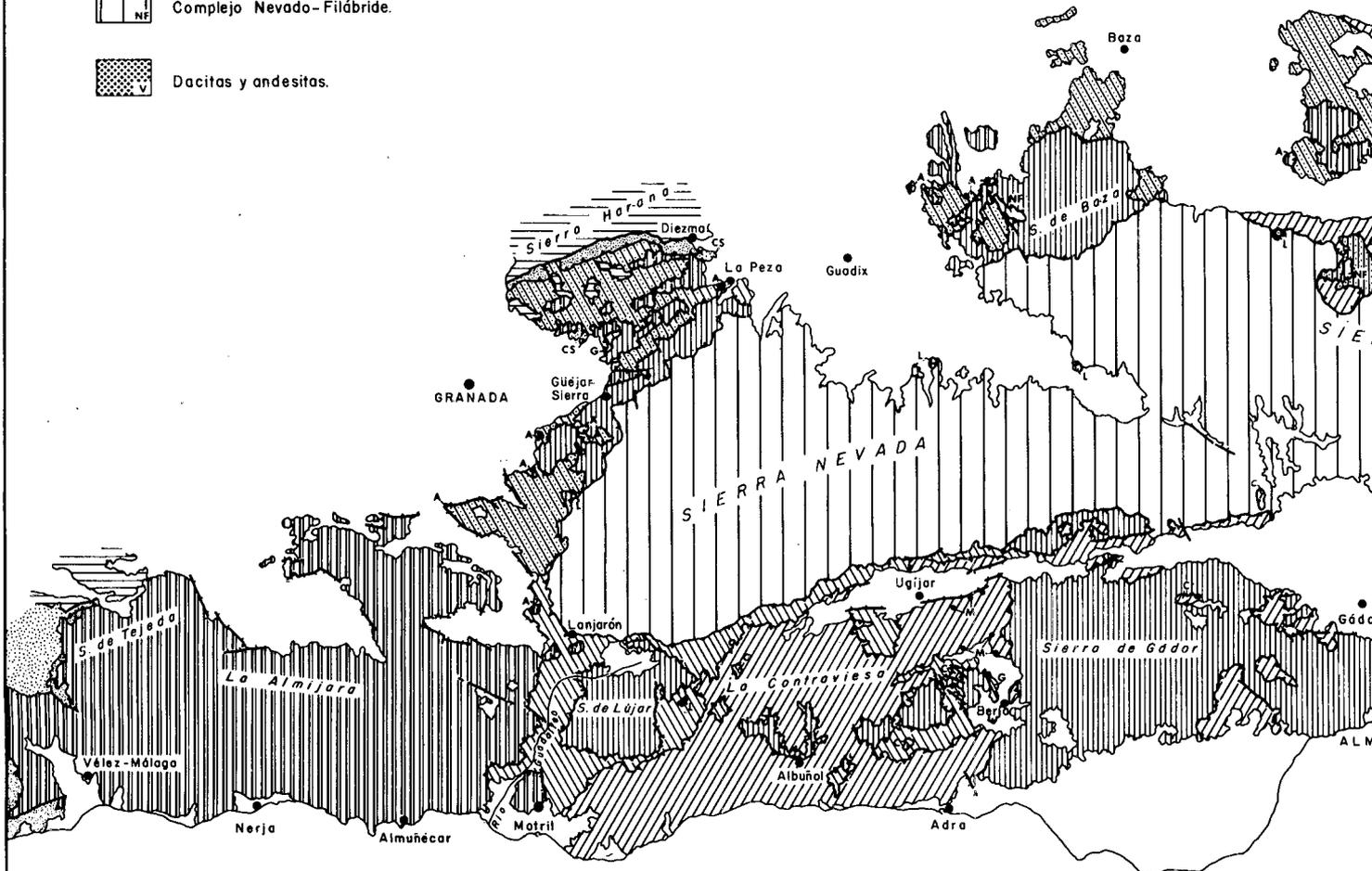
 Grupo Lújar.
Subgrupo Ballabona-Cucharón, (punteado).

 Complejo Nevado-Filábride.

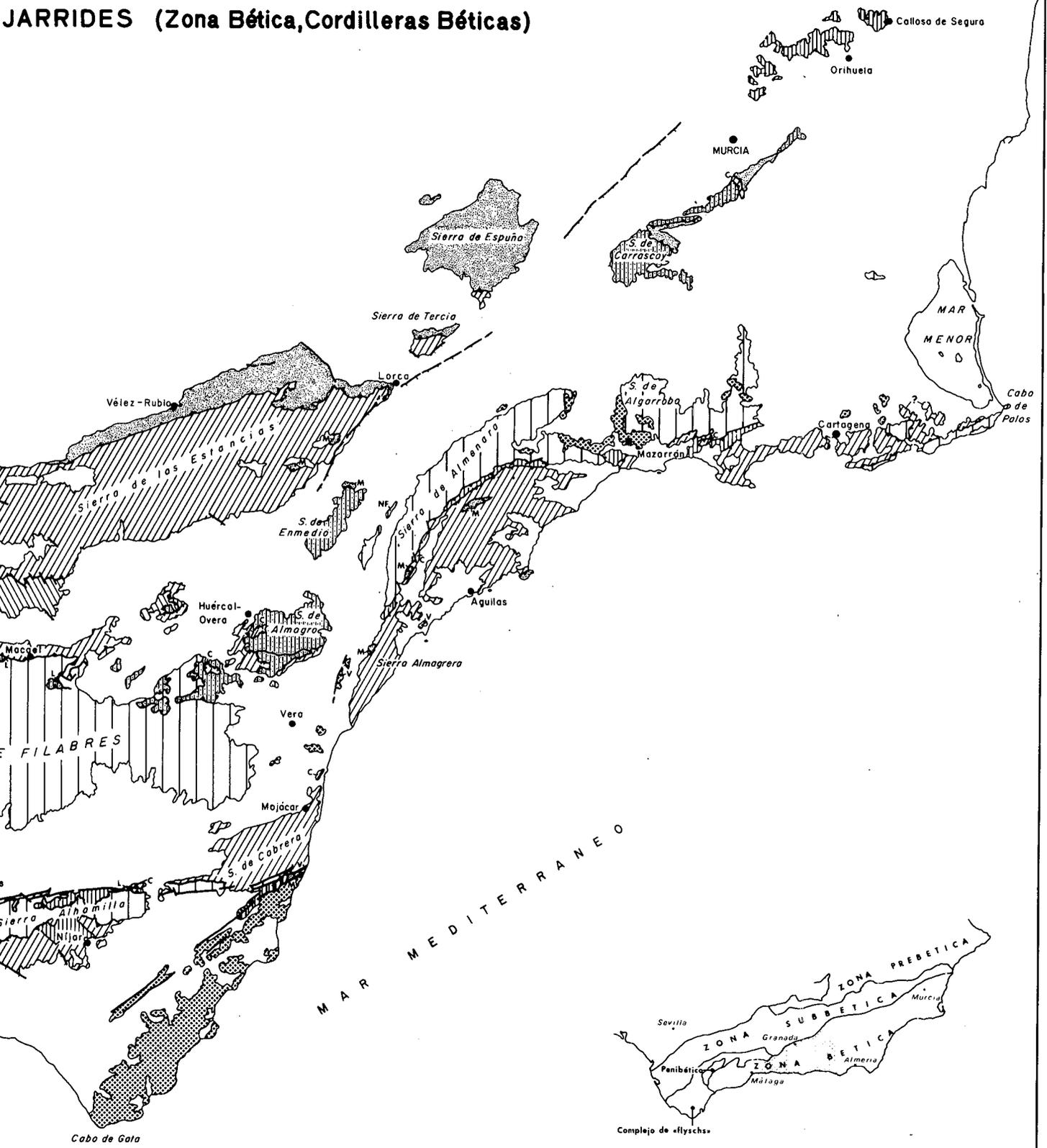
 Dacitas y andesitas.



0 10 20 km



JARRIDES (Zona Bética, Cordilleras Béticas)



El área estudiada por los autores aparece punteada.

vas, se ha estimado que todos los Alpujárrides de la Sierra de las Estancias, al Este del Meridiano de Macael, pertenecen al Grupo Contraviesa.

LOS ALPUJÁRRIDES DESDE LA SIERRA ALMAGRERA AL CABO DE PALOS

En este sector, los problemas de correlación son mayores que para la Sierra de Las Estancias. Los datos cartográficos publicados son en general deficientes, salvo en la región comprendida entre Cartagena y Cabo de Palos (Ovejero et al., 1976).

Al Sur de Sierra Almenara, desde Sierra Almagrera hasta Mazarrón, estudios recientes (Alvarez, com. oral) han mostrado que sobre los Nevado-Filábrides se sitúan unidades sin base paleozoica, con una reducida formación de filitas y formaciones carbonatadas potentes, todas ellas muy poco recristalizadas; ambas formaciones son muy semejantes a las de las unidades del Grupo Lújar, desde el punto de vista litológico y grado de recristalización, y creemos que las unidades se pueden incluir en dicho grupo sin dudar, pese a la complicada estructura que dificulta la interpretación.

A este primer grupo de unidades se superpone una gran unidad con base paleozoica potente; en primera aproximación se puede asegurar que, en su mayor parte, está constituida por esquistos y cuarcitas con biotita y esporádicamente, con granate. La unidad es claramente asimilable al Grupo Contraviesa.

Sobre ella se sitúa la que, al parecer, es la más alta de las unidades alpujárrides de este sector. Está desprovista de base paleozoica y ello podría constituir una anomalía con respecto al esquema de superposición general. Hemos preferido no representarla, porque no se la conoce bien y no sabemos si los pequeños y dispersos retazos que la constituyen representan los restos de una unidad mayor o si resultan de una escamación y fragmentación de algunas unidades.

Finalmente, entre Cartagena y Cabo de Palos, afloran las unidades de Gorguel, Portmán y San Ginés, de Ovejero et al. (1976), quienes opinan que las series triásicas no son comparables a las del Manto de Lújar. Simón et al. (1976) incluyen las unidades de Portmán y S. Ginés en su «conjunto alpujárride superior», y Durand Delga (in Ovejero et al., 1976; p. 602, «Obs. et rép.») menciona el aspecto «casi maláguide» de las filitas y areniscas de la unidad de Gorguel, todo lo cual hace sospechar que pueda tratarse de materiales asimilables a los del Manto de Félix de Jacquin (1970). Por estas razones se han integrado todas estas unidades en el Grupo Contraviesa, pero ciertamente, entre Mazarrón y Cabo de Palos, afloran materiales que por su litología y grado de recristalización pueden ser incluidos en el Grupo Lújar; así ocurre en los alrededores de Cabo Tiñoso, por no citar más que un caso.

AGRADECIMIENTOS

A la División de Geología, del Instituto Geológico y Minero de España, por autorizar el uso del mapa original inédito de la Zona Bética, elaborado por dos de nosotros (V.G.-D. y F.N.-V.) como parte del nuevo Mapa Geológico de España, 1:1.000.000. A todas las personas interesadas por los Alpujárrides, a las cuales es imposible enumerar aquí, con las que hemos intercambiado puntos de vista.

BIBLIOGRAFÍA

- ALDAYA, F. (1969 a): Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, provincia de Granada). *Bol. Geol. Min.*, 80, p. 212-217, Madrid.
- ALDAYA, F. (1969 b): Los Mantos Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada. *Tesis, Univ. Granada*, 527 p.
- ALDAYA, F. (1970): Sobre la geometría de las superficies de corrimiento de los Mantos Alpujárrides del Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, provincia de Granada). *Cuad. Geol.*, Univ. Granada, 1, p. 35-37.
- ALDAYA, F. (1970): La sucesión de etapas tectónicas en el dominio alpujárride. *Cuad. Geol.*, Univ. Granada, 1, p. 159-181.
- ALDAYA, F. (en prensa): Albuñol (1056). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- ALDAYA, F., BAENA, J., y EWERT, K. (en prensa): Ugijar (1043). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- ALDAYA, F., BAENA, J. y EWERT, K. (en prensa): Adra (1057). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- ALDAYA, F., DÍAZ DE FEDERICO, A., GARCÍA-DUEÑAS, V., MARTÍNEZ-GARCÍA, E., NAVARRO-VILÁ, F. y PUGA, E. (en prensa): Lanjarón (1042). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- ALDAYA, F. y EWERT, K. (1979): El Manto de Murtas al Sur de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas). *Bol. Geol. Min.*, 90, p. 124-131, Madrid.
- ALDAYA, F. y GARCÍA-DUEÑAS, V. (1976): Les séquences lithologiques des nappes alpujárrides au Sud et Sud Ouest de la Sierra Nevada (Cordillères Bétiques, Andalousie). *Bull. Soc. Géol. France*(7), 18, p. 635-639, Paris.
- AVIDAD, J., GALLEGOS, J. A., GARCÍA-DUEÑAS, V., y GONZÁLEZ-DONOSO, J. M. (en prensa): Dúrcal (1041). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- AVIDAD, J. y GARCÍA-DUEÑAS, V. (en prensa): Motril (1.055). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- BAENA, J. y VOERMANS, F. (en prensa): Alhama de Almería (1.044). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- BAENA, J. y VOERMANS, F. (en prensa): Almería (1.045). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- BEMMELÉN, R.W. van (1927): Bijdrage tot de Geologie der Betische Ketens in de provincie Granada. *Tesis, Delft*, 176 p.
- BOULIN, J. (1970): Les zones internes des Cordillères Bétiques de Málaga à Motril. *Ann. Hébert et Haug. Trav. Lab. Géol. Fac. Sc. Paris*, 10, 239 p.
- DELGADO, F. (1971): Observaciones sobre las unidades alpujárrides en la Sierra de Baza. *Cuad. Geol.*, Univ. Granada, 2, p. 41-48.
- DELGADO, F. (1978): Los Mantos Alpujárrides en la Sierra de Baza (Cordilleras Béticas). *Tesis, Univ. Granada*, 483 p.
- DÜRR, S. H. (1963): Geologie der Serranía de Ronda und ihrer Südwestlichen Ausläufer (Andalousien). *Tesis, Univ. Bonn*, 122 p. (También en *Geológica Romana*, 6, p. 1-73, 1967).
- EGELER, C. G. (1974): On the evolution of structure and metamorphism during the alpine orogeny in the eastern and central Betic Zone (Betic Cordilleras, Spain). *Geol. Mijnb.*, 53, p. 273-277, Amsterdam.
- EGELER, C. G., RONDEEL, H. E. y SIMON, O. J. (1971): Considerations on the grouping of the tectonic units of the Betic Zone, southern Spain. *Est. Geol.*, 27, p. 467-473, Madrid.
- EGELER, C. G. y SIMON, O. J. (1969): Sur la tectonique de la Zone Bétique (Cordillères Bétiques, Espagne). *Verh. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch., Afd. Nat.*, 25, 3, 190 p., Amsterdam.
- ELORZA, J. J. y GARCÍA-DUEÑAS, V. (en prensa): Vélez-Málaga (1.054). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- ELORZA, J. J., GARCÍA-DUEÑAS, V., MARTÍN, L. y MATAS, J. (en prensa): Zafarraya (1.040). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- EWERT, K. (1976): Estratigrafía, litología y mineralizaciones del Manto de Lújar (Zona Bética). *Stud. Geol.*, Univ. Salamanca, 11, p. 109-120.
- EWERT, K. y NAVARRO-VILA, F. (1979): La correlación estratigráfica entre los Mantos de Lújar y del Zujerío definidos al S y al N de Sierra Nevada (Alpujárrides, Cordilleras Béticas). *Bol. Geol. Min.*, 90, p. 115-123, Madrid.
- GALLEGOS, J. A. (1975): Los Alpujárrides al W de la Sierra Nevada. *Tesis, Univ. Granada*, 494 p.
- GARCÍA-DUEÑAS, V. (en preparación): Relaciones estructurales entre las unidades alpujárrides de las Sierras de La Almirajara y Tejada (prov. de Granada y Málaga).
- GARCÍA-DUEÑAS, V. y NAVARRO-VILA, F. (1976): Alpujárrides, Malaguides et autres unités allochtones au Nord de la Sierra Nevada (Cordillères Bétiques, Andalousie). *Bull. Soc. Géol. France*(7), 18, p. 641-648, Paris.
- GARCÍA-DUEÑAS, V. y NAVARRO-VILA, F. (en prensa): La Peza (1010). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E., Madrid.
- GÓMEZ, J. A., MARTÍN-GARCÍA, L. y VITERWIJK, B. H. (en prensa):

- Cantoria (1995). *Mapa Geológico de España 1:50.000* (2.ª serie). I.G.M.E. Madrid.
- HOEPPENER, R., HOPPE, P., DÜRR, S. H. y MOLLAT, H. (1964): Ein Querschnitt durch die Betischen Kordilleren bei Ronda (SW Spanien). *Geol. Mijnb.*, 43, p. 282-298, Amsterdam.
- JACQUIN, J. P. (1970): Contribution à l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, Espagne). *Tesis, Univ. Nantes*, 501 p.
- KAMPSCHUUR, W. (1972): Geology of the Sierra de Carrascoy (SE, Spain) with emphasis on alpine polyphase deformation. *Tesis, Univ. Amsterdam, GUA Pap. Geol.*, (1), 4, 114 p.
- KAMPSCHUUR, W. y RONDEEL, H. E. (1975): The origin of the Betic orogen, southern Spain. *Tectonophysics*, 27, p. 39-56, Amsterdam.
- NAVARRO-VILA, F. (1976): Los Mantos Alpujarrides y Maláguides al N de Sierra Nevada. *Tesis, Univ. Bilbao*, 288 p.
- OROZCO, M. (1972): Los Alpujarrides en Sierra de Gádor occidental. *Tesis, Univ. Granada*, 379 p.
- OVEJERO, G., JACQUIN, J. P. y SERVAJEAN, G. (1976): Les mineralisations et leur contexte géologique dans la Sierra de Cartagena (Sud-Est de l'Espagne). *Bull. Soc. géol. France* (7), 18, p. 619-633, Paris.
- RONDEEL, H. E. (1965): Geological investigations in the western Sierra Cabrera and adjoining areas, south-eastern Spain. *Tesis, Univ. Amsterdam*, 161 p.
- RONDEEL, H. E. y SIMON, O. J. (1974): The Betic Cordilleras. En SPENCER, A. M.: Mesozoic-Cenozoic orogenic belts. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 4, p. 23-35.
- SIMON, O. J., WESTERHOF, A. B. y RONDEEL, H. E. (1976): A propos d'une nouvelle paleogeographie de la Zone Bétique (Espagne méridional); implications géodynamiques. *Bull. Soc. géol. France* (7), 18, p. 601-605, Paris.
- TORRES-ROLDAN, R. L. (1974): El metamorfismo progresivo y la evolución de las series de facies de las metapelitas alpujarrides al SE de Sierra Almirante (sector central de las Cordilleras Béticas, SE de España). *Cuad. Geol.*, Univ. Granada, 5, p. 21-77.
- VRIES, W.C.P. de y ZWAAN, K. B. (1967): Alpujarride succession in the central part of the Sierra de las Estancias, province of Almería, SE Spain. *Proc. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.*, series B, 70, p. 443-453, Amsterdam.
- WESTERVELD, J. (1929): De bouw der Alpujarras en het tektonisch verband der oostelijke betische ketens. *Tesis, Delft* 120 p.
- WESTRA, G. (1969): Petrogenesis of a composite metamorphic facies series in an intricate fault-zone in the south eastern Sierra Cabrera. SE Spain. *Tesis, Univ. Amsterdam*, 166 p.

Se omite la cita bibliográfica de los trabajos utilizados únicamente con fines cartográficos; entre ellos cabe destacar las Hojas del Mapa Geológico de España 1:50.000 (2.ª serie), I.G.M.E., comprendidas en el área abarcada por la figura 4, gran parte de las cuales están pendientes de aparecer.

Recibido, diciembre 1979.