

## Los mantos Alpujárrides al Sur de Sierra Nevada (zona bética, provincia de Granada.)

por F. ALDAYA \*

### RESUMEN

El presente trabajo da cuenta de un avance sobre las últimas investigaciones del autor en el dominio alpujárride del Sur de Sierra Nevada. La cartografía detallada ha permitido diferenciar cuatro mantos alpujárrides en este sector, superpuestos al manto de Lújar y al complejo de la Sierra Nevada.

Se da asimismo un breve resumen de sus características estratigráficas y petrológicas, así como un primer ensayo sobre la sucesión de etapas de metamorfismo.

### ABSTRACT

The alpujarrid units southwards Sierra Nevada have been recently surveyed by the author. After detailed mapping four distinct nappes have been individualized. They are thrust over the Lújar-nappe and the Sierra Nevada complex.

A brief account of the stratigraphic and petrological features of those nappes is given. An attempt on the relative chronology of metamorphism events is presented.

### INTRODUCCIÓN

La presente nota tiene por objeto el dar a conocer un breve resumen sobre los mantos Alpujárrides en esta región (fig. 2), a la luz de los resultados obtenidos en mis investigaciones.

El edificio alpujárride descansa aquí sobre las unidades que habitualmente le sirven de substrato: el complejo de Sierra Nevada y el manto de Lújar. Sobre el manto de Lújar traté en un artículo anterior (1) (ALDAYA, 1968), donde tocaba también, un poco de pasada, sus relaciones con el complejo de Sierra Nevada. Consideradas ambas unidades como substrato del edificio alpujárride, no nos volveremos a ocupar de ellas en este artículo.

\* Departamento de Geotectónica y Geomorfología. Facultad de Ciencias de Granada.

(1) En el citado artículo, al enumerar las diferencias entre la unidad de Lújar y las unidades alpujárrides (pág. 7, ap. b) mencionaba la presencia en aquella de un plegamiento de dirección general N30°.40°E anterior a la tectónica de corrimiento, plegamiento que, según queda mencionado allí, no había sido puesto de manifiesto en los Alpujárrides. Quisiera ahora rectificar sobre el particular, pues recientemente he encontrado algunas indicaciones de que este plegamiento existe también en los Alpujárrides.

Como observará el lector, he prescindido de dos nombres que, a través de años de uso en la literatura anterior, han alcanzado carta de naturaleza. Prescindo del nombre de manto de Lanjarón porque no ha sido utilizado con el mismo sentido por todos los autores, y porque ninguno lo ha aplicado para definir un manto determinado, sino para designar conjuntos más o menos heterogéneos. Tampoco utilizo el nombre de manto de Guájar porque no queda definido con precisión en la literatura anterior.

En esta situación prefiero utilizar términos con valor exclusivamente local.

Al más bajo de los mantos Alpujárrides de este sector lo he denominado manto de Cástaras. Aparece perfectamente continuo en todo el borde Sur de la Sierra Nevada, descansando directamente sobre la Mischungszone, también llamada serie Filábride. Hacia el Sur, el manto de Cástaras se acuña y desaparece aproximadamente a la altura del borde Norte de la sierra de Lújar (fig. 1). Su continuidad hacia el Norte no está aclarada por el momento. Para ello

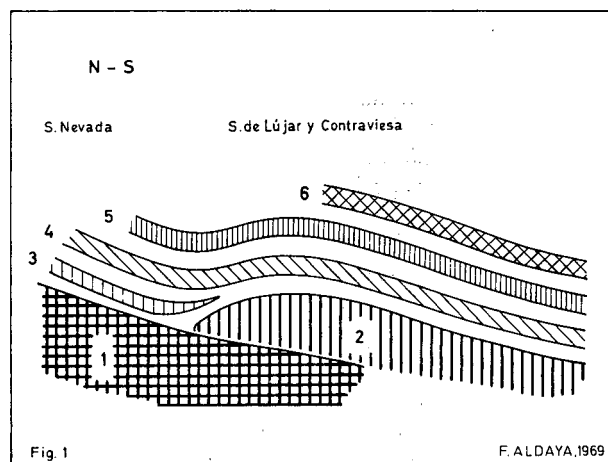


FIG. 1. — Corte esquemático mostrando la superposición de unidades en el sector estudiado. Leyenda: 1: Complejo de Sierra Nevada. — 2: Manto de Lújar. — 3: Manto de Cástaras. — 4: Manto de Alcázar. — 5: Manto de Murtas. — 6: Manto de Adra.

será necesario esperar los resultados de los trabajos en curso al W y NW de la Sierra Nevada (2).

Sobre él se sitúa el manto de Alcázar. Este manto descansa, bien sobre el de Cástaras (hacia el Norte del sector estudiado) o bien sobre el de Lújar (en la zona meridional). En numerosos puntos el manto de Alcázar ha sido laminado y sobre las calizas del manto de Lújar descansa directamente el manto de Murtas (ver fig. 2). El manto de Alcázar es el que presenta las mayores variaciones de potencia.

Sobre el manto de Alcázar se sitúa, en toda su extensión, el manto de Murtas. Finalmente, sobre el de Murtas, se sitúa el manto de Adra, que sólo existe en el borde Sur del área estudiada.

El manto de Adra descansa siempre sobre el de Murtas.

La fig. 1 representa un esquema de la estructura de este sector, cuya cartografía esquemática puede observarse en la fig. 2. En ésta, naturalmente, se ha simplificado la traza de los contactos y no se han diferenciado entre sí la formación calizo-dolomítica y la formación de filitas y cuarcitas.

#### CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y PETROLÓGICAS

Considerados bajo estos aspectos, los cuatro mantos aquí representados son extraordinariamente semejantes. Por ejemplo, cada uno de ellos posee una formación de filitas y cuarcitas, de edad permowerfenense; en principio sería obligado tratar cada una de ellas como una formación independiente. Pero los estudios realizados (microscópicos y por difracción de rayos X) ponen en evidencia que las cuatro formaciones poseen casi idénticas características. Por otra parte, el asignar a cada formación un nombre y el estudiarla independientemente supondría, respectivamente, una extraordinaria proliferación de nombres y una repetición interminable de características. Por todo ello es más útil y también más acorde con los hechos, el considerar que se trata de una misma formación, que se encuentra representada en todos los mantos.

Lo mismo podría decirse para el resto de las formaciones que componen estos mantos.

Este hecho conduce a una deducción de interés: la posición de las superficies de corrimiento y la localización de la zona de raíz de los Alpujárrides no está determinada por cambios de facies ni cualquiera otra característica de la serie, como ocurre, por ejemplo, en la zona Subbética (GARCÍA DUEÑAS, 1967), es decir, la individualización de los distintos mantos no se llevó a cabo a favor de ninguna solución de continuidad, cambio lateral de características litológicas o cualquier otro rasgo que, en cierto modo, prefigurase o condicionase tal individualización.

La serie alpujárride completa (no aparece completa más que en uno de los mantos), puede resumirse como sigue:

#### 1. — Formación inferior de micasquitos y cuarcitas.

La base de la serie alpujárride está constituida en esta región por una potente y monótona formación de micasquitos y cuarcitas mesometamórficos (potencia máxima aproximada, 2,5 km). Es una formación muy uniforme, constituida casi exclusivamente por micasquitos, a veces muy grafitosos, y cuarcitas. Los minerales que componen las rocas de esta formación pertenecen a tres paragénesis fundamentales, correspondientes a tres tapas principales de metamorfismo (pueden distinguirse otras varias etapas mineralogénicas, pero cuya importancia es mínima). La primera paragénesis se compone de los siguientes minerales: cuarzo-oligoclasa (12 %-27 % An)-mica blanca-biotita-almandino (con algo de espessartita)-estaurolita.

Parece ser que la oligoclasa más cálcica corresponde a los niveles más profundos. Esta paragénesis sólo afecta a la formación inferior de micasquitos y cuarcitas, formación que está limitada hacia arriba por una discordancia. Así pues, la superficie de discordancia llega a cortar términos donde existe esta paragénesis, que no existe en ningún punto en la formación situada sobre la superficie de discordancia. Se trata, pues, de una paragénesis antigua.

Las rocas de la formación que ahora nos ocupa exhiben un fuerte microplegado de tipo similar con transición, a veces, a fluidal. Estos pliegues con frecuencia llegan a ser isoclinales. La mayor parte de los minerales de la paragénesis mencionada son posteriores a los micropliegues; parte de los granates y de la estaurolita son contemporáneos de la deformación, y algunos de los granates son, incluso, anteriores. Parece ser, entonces, que el microplegado y la paragénesis son aproximadamente contemporáneos, es decir, se trata de una paragénesis sincinemática. Este microplegado también es exclusivo de esta formación.

La última paragénesis que aparece en estas rocas se compone de cuarzo-oligoclasa (20 % An aprox.)-mica blanca-biotita rojiza-andalucita. Estos minerales han crecido en un medio estático. Se trata, con toda verosimilitud, de un metamorfismo tipo Abukuma, facies esquistos verdes (WINKLER, 1967). Los cristales de esta paragénesis son relativamente grandes (algunas agujas de andalucita alcanzan varios centímetros) y carecen por completo de orientación.

Por lo visto, hasta el momento, esta paragénesis representa el último episodio metamórfico en este sector. Pertenece sin duda al ciclo alpídico y es anterior a la etapa de corrimiento, al menos a la que ha dado la actual superposición.

Entre ambas etapas de metamorfismo, primera y

(2) Estos trabajos han sido iniciados por miembros del Departamento de Geotectónica y Geomorfología de la Universidad de Granada.

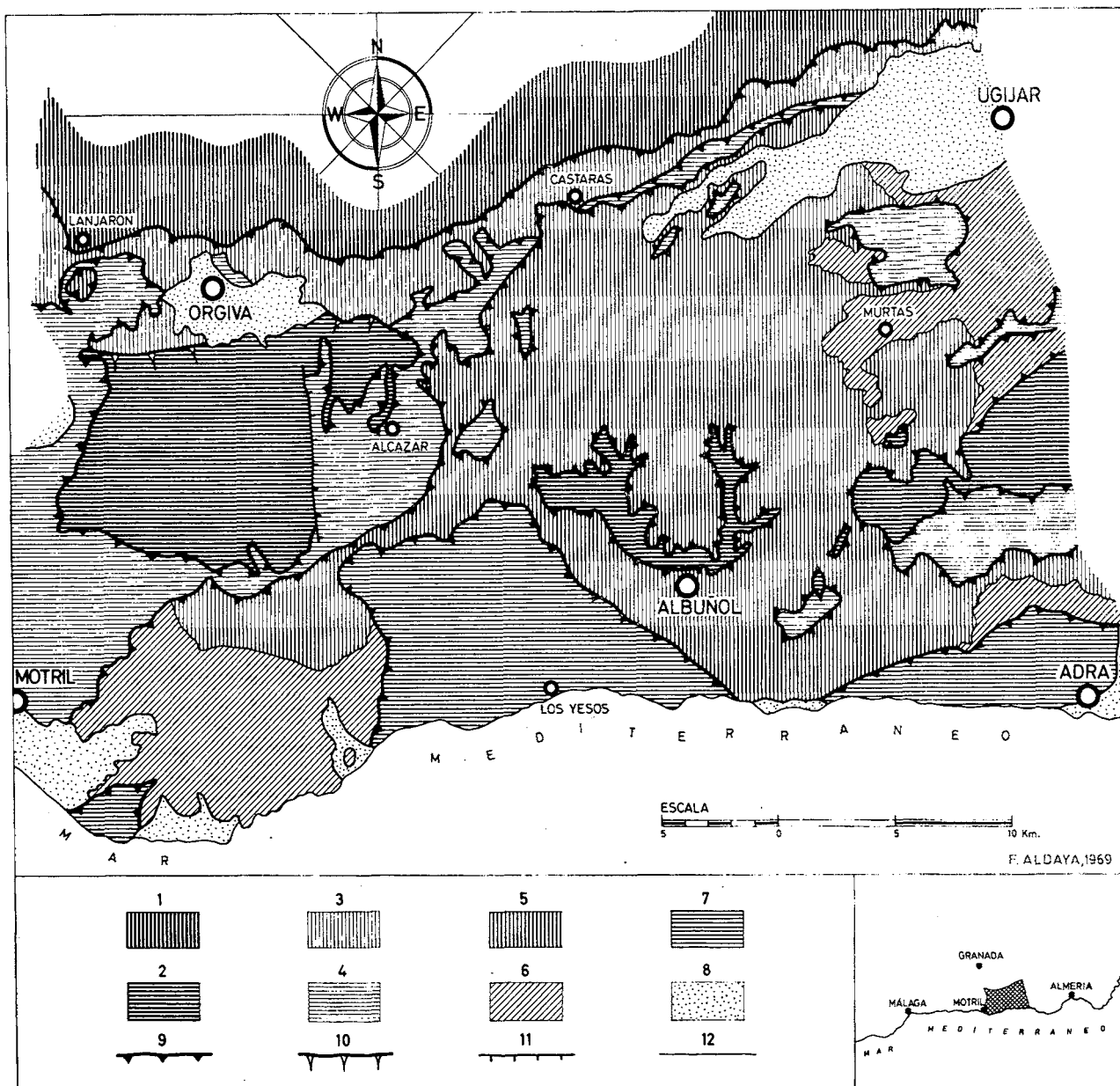


FIG. 2. — Esquema de la cartografía de la zona estudiada (Reducción a partir de un original a escala 1 : 100.000; este original está, a su vez, reducido fotográficamente de un mapa a escala 1 : 50.000). Leyenda: 1: Complejo de Sierra Nevada. — 2: Manto de Lújar. — 3: Manto de Cástaras. — 4: Manto de Alcázar. — 5: Manto de Murtas (formaciones permotriásicas). — 6: Manto de Murtas (formaciones paleozoicas). — 7: Manto de Adra. — 8: Depósitos postectónicos. — 9: Contacto de corrimiento (dientes hacia la unidad corrida). — 10: Falla inversa (dientes hacia el bloque levantado). — 11: Falla normal (dientes hacia el bloque hundido). — 12: Contacto entre las formaciones permotriásicas y las formaciones paleozoicas, en el manto de Murtas.

última, debe situarse la etapa alpídica que ha afectado a todas las formaciones, pero que en ésta, de composición mineralógica más compleja, no aparece con suficiente claridad. Han sido puestas de manifiesto recristalizaciones de cuarzo, mica blanca y biotita, a las que probablemente deben acompañar plagioclasa, clorita, cloritoide y algunos anfíboles sódicos. Pero esta etapa intermedia, de cuya existencia no puede dudarse, resulta más compleja, quizás por ser coetánea de algunas etapas de deformación. El discutir

todos estos aspectos nos llevaría fuera del alcance de la presente nota.

SIMON (1963), RONDEL (1965) y DE VRIES y ZWAAN (1967), describen una formación (la formación Montesinos según los últimos) que debe corresponder a la que ahora describo (3). Para DE VRIES

(3) En el verano de 1967, tuve ocasión de visitar la zona descrita por DE VRIES y ZWAAN. La semejanza de las series descritas por los autores holandeses en el sector de Vélez-Rubio-Sierra de las Estancias y las que aquí describo es manifiesta.

y ZWAAN, la formación Montesinos pertenece al Paleozoico antiguo y/o Precámbrico.

Los autores mencionados deducen la edad de las formaciones paleozoicas alpujarrides a partir de correlaciones con niveles datados del Bético de Málaga. Por lo que a mí respecta, no tengo inconveniente en admitir, naturalmente con las reservas del caso, que la formación inferior de micasquistos y cuarcitas debe ser de la misma edad que la formación Montesinos de DE VRIES y ZWAAN.

## 2. — Formación superior de micasquistos y cuarcitas.

Esta formación presenta, en general, un aspecto bastante diferente de la anterior, pero en el campo es de ordinario imposible efectuar la distinción entre ambas. La formación está compuesta por micasquistos y cuarcitas epimetamórficos, de tal modo que el porcentaje de cuarcitas es, con gran diferencia, superior al de la formación inferior. En general, parece que el porcentaje de cuarcitas en la serie aumenta hacia la parte inferior.

Las tonalidades son aquí más claras, en parte por el mayor porcentaje de cuarzo, y en parte porque en general es menor el contenido en biotita y grafito. En esta formación, la estratificación no suele estar enmascarada por la esquistosidad, como ocurre en la formación inferior. La paragénesis con almandino y estauroлита, como dije antes, no aparece aquí. El microplegado tampoco es como el de la formación inferior, sino un microplegado mucho más suave, quizá también de tipo similar, y al mismo tiempo menos denso.

Los niveles basales son generalmente muy cuarcíticos. En ellos aumenta notablemente, en ocasiones hasta un 2-3 %, el porcentaje de minerales residuales bien rodados (el más frecuente, con diferencia, es el zircón).

En algunas de las muestras tomadas en estos niveles basales, han aparecido granates rodados.

Las rocas de esta formación presentan un aspecto particular: hay puntos en que se presentan alternancias, de cuarcitas (casi areniscas) y micasquistos, con un aspecto semejante al de una formación tipo flysch; aparecen con cierta frecuencia rastros de estratificación cruzada; y se observa asimismo un cierto bandeado que parece sugerir concentraciones de minerales detríticos.

La diferenciación en lechos, debida a los procesos de segregación desarrollados por efectos del metamorfismo, es imperfecta y a veces inexistente, mientras que en la formación inferior es muy marcada.

Los criterios para afirmar que esta formación es discordante sobre la inferior son, en resumen:

- 1) Brusca diferencia de grado de metamorfismo.
- 2) Id. respecto al microplegado.

3) Presencia de granates rodados en la base de la formación.

La paragénesis alpidica en estas rocas está constituida por: cuarzo-albita (oligoclasa sódica en niveles profundos)-mica blanca-biotita (en porcentaje creciente hacia abajo)-clorita, y algunos otros en menor proporción: cloritoide, algo de pistacita y  $\beta$ -zoisita (¿ en parte hidrotermales?) y algunos anfíboles sódicos.

En uno de los mantos (manto de Adra), la paragénesis con andalucita antes mencionada, existe también en la parte baja de esta formación.

Esta formación puede pertenecer, muy probablemente, al Paleozoico superior infrapérmico.

## 3. — Formación de filitas y cuarcitas.

La formación de filitas y cuarcitas se sitúa en aparente concordancia sobre la formación superior de micasquistos. En efecto, el contacto entre ambas formaciones no está señalado por un salto de metamorfismo, diferencias litológicas o diferencias en cuanto a estilo o intensidad de plegamiento. Tanto en el campo como a través del microscopio este contacto aparece como una transición gradual. Así pues, al menos en esta región, no hay argumentos para situar a este nivel una superficie de discordancia (4).

La formación se compone de una sucesión uniforme de filitas con las que alternan bancos, generalmente finos, de cuarcitas. Estas se distribuyen en la serie, al parecer, sin orden determinado.

El contacto de esta formación con la formación superior de calizas y dolomías se establece normalmente por medio de una zona de calcoesquistos, zona en la que se observa una disminución progresiva, en sentido descendente, del porcentaje de carbonatos, hasta que llegan a desaparecer por completo los calcoesquistos. Sin embargo, en una gran parte (quizás en casi todas) de las láminas estudiadas existe calcita aun en pequeña proporción. Esporádicamente pueden aparecer calcoesquistos alternando con finos niveles de filitas en niveles más bajos de la serie. Por ejemplo, al NE de Motril (manto de Alcázar) estas alternancias llegan a alcanzar una potencia quizá próxima a los 100 m. Asimismo aparecen esporádicamente niveles calizos a modo de lentejones, cuya potencia puede alcanzar varias decenas de metros. Estos lentejones alcanzan su máximo de frecuencia en la región de Motril, en el canto de Alcázar y, sobre todo, en el de Murtas. Un buen ejemplo lo constituye el cerro del Toro, inmediatamente al NE de Motril.

Característica de la formación es también la existencia de niveles diversamente coloreados (rojizo,

(4) Sin embargo, no puede rechazarse de plano la posibilidad de su existencia. Si la formación superior de micasquistos y cuarcitas pertenece al Paleozoico infra-Pérmico y la formación de filitas y cuarcitas es permotriásica, el negar la posibilidad de la existencia de una discordancia entre ambas equivaldría a afirmar que la orogenia Herciniana no se ha dejado sentir en absoluto en esta región.

violeta, verde) de filitas y cuarcitas. Los niveles rojizos son prácticamente exclusivos de la parte alta de la formación. Los de otras tonalidades, si bien más frecuentes hacia arriba, pueden presentarse en cualquier punto.

La presencia de yeso primario es también otra característica. Su frecuencia aumenta hacia arriba, y dentro de ello, es más frecuente hallarlo jalonando el contacto con la formación calizo-dolomítica. Pero, a modo de ejemplo, existe un buen afloramiento de yeso primario en la base de la formación, junto al contacto con la formación superior de micaesquistos, en la localidad de los Yesos (ver fig. 2).

Los minerales que existen en las rocas de esta formación son: cuarzo, albita (a veces con texturas claramente helicíticas), plagioclasas detríticas, moscovita, paragonita, algo de caolinita, clorita, algo de cloritoide, algo de biotita detrítica, calcita, dolomita, turmalina y zircón (5). Atendiendo a los minerales de neoformación, la facies de metamorfismo es de esquistos verdes, de una subfacies más superficial que la formación anteriormente descrita. El contacto de esta formación con la superior de calizas y dolomías, en principio normal, suele estar tectonizado por efecto de los movimientos diferenciales debidos a la diferencia de competencia entre ambas formaciones. En tal caso las filitas pueden presentar un grado de metamorfismo dinámico anormalmente alto, que se manifiesta por el grado de suturación del cuarzo, por la extinción ondulante del cuarzo, anormalmente marcada, por una diferenciación en lechos excesivamente bien lograda, y naturalmente por zonas de milonitización.

Esta formación puede dividirse en tres miembros. El inferior marca la transición a micaesquistos y se caracteriza por la aparición de biotita de neoformación. El intermedio presenta con cierta frecuencia cloritoide; es de color gris-azulado uniforme. En el superior, de colores variados, no existe cloritoide y en él abundan especialmente los niveles de calcoesquistos y el yeso primario.

Generalmente se admite que la formación pertenece al permo-werfenense. Los criterios que conducen a esta datación son, muy resumidos: la presencia, sobre la formación, de calizas y dolomías datadas, la presencia de niveles rojizos y la existencia de yeso primario (6).

Esta formación está representada en todos los mantos. En el de Adra, tan sólo como un pequeño

(5) Las micas blancas de esta formación, así como algunos granates de la formación inferior de micaesquistos y cuarcitas, han sido determinados por difracción de rayos X (las primeras) y por difracción y fluorescencia (los segundos) por la Dra. FENOLL, del Departamento de Cristalografía y Mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada. Agradezco sinceramente esta su colaboración.

(6) Esta cuestión ha sido claramente expuesta y discutida por SIMON (1963, págs. 34-38).

afloramiento, incartografiable a la escala del esquema de la fig. 2, sito en la localidad de los Yesos.

#### 4. — Formación calizo-dolomítica.

Está constituida por una serie fundamentalmente caliza, de potencia actual muy variable (máx. 500 m). Es frecuente encontrar calizas dolomíticas y dolomías. Son estas rocas masivas, o bien, estratificadas en bancos gruesos, aunque a veces aparecen bancos finos con estratificación muy neta. Generalmente muestran un notable grado de recristalización, debida al metamorfismo alpino.

No presentan generalmente intercalaciones de filitas (tan sólo han aparecido, con desarrollo precario, en dos puntos del manto de Cástaras). No contienen rocas verdes interestratificadas. Tampoco minerales de metamorfismo. Hacia la base, la estratificación se hace más fina, pasando a niveles de calcoesquistos, generalmente de color amarillo, que alternan con delgados lechos de filitas.

En esta región no he encontrado fósiles en las calizas y dolomías, pero todos los autores coinciden en que esta formación pertenece al Triás medio-superior.

Esta formación está representada en todos los mantos, excepto el de Adra.

La formación calizo-dolomítica es la que muestra mayores variaciones de potencia. Asimismo, si se exceptúa el manto de Cástaras, es extraordinariamente discontinua.

Finalmente habría que citar, siquiera de pasada, la presencia esporádica de rocas subvolcánicas en el dominio alpujárride.

Estas rocas no se presentan interestratificadas. Sus componentes mayoritarios son albita muy cálcica y hornblenda verde. Además muestran el efecto de mineralizaciones hidrotermales que han dejado en ellas algunos cristales de cuarzo, calcita, epidota y oligisto. Quizás a la actuación de estas soluciones hay que atribuir la composición anormalmente sódica de la plagioclasa.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALDAYA, F. (1968): Sobre la posición de la sierra de Lújar (provincia de Granada). *Acta Geol. Hisp.*, t. III, n.º 4, pp. 87-92.
- GARCÍA-DUEÑAS, V. (1967): La zona Subbética al Norte de Granada. Tesis Fac. de Ciencias. Granada. 534 pp.
- RONDEEL, H. E. (1965): Geological investigations in the western Sierra Cabrera and adjoining areas, South-Eastern Spain. Tesis, Amsterdam, 161 pp.
- SIMON, O. J. (1963): Geological investigations in the Sierra de Almagro, south-eastern Spain. Tesis, Amsterdam, 164 pp.
- DE VRIES, W. C. P., y ZWAAN, K. B. (1967): Alpujárride succession in the central Sierra de las Estancias, province of Almería, SE Spain. *Proceedings, Kon. Akad. Wetensch.* Amsterdam, Ser. B, 70, n.º 4, pp. 443-453.
- WINKLER (1967): *Petrogenesis of metamorphic rocks.* Springer-Verlag, Berlín, Heildeberg, New York.