



**IGME**

**912**

**26-36**

# MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

## MULA

Segunda serie - Primera edición

866 1931 23-34	867 1930 24-34	868 1930 25-34	869 JUMILLA 26-34	870 PINOS 27-34	871 ESTE 28-34	872 ALCAÑAR 29-34
888 1931-32 1930 23-35	889 MURCIA 24-35	890 CALATUBIA 25-35	891 CEJA 26-35	892 TURQUÍA 27-35	893 1930 28-35	894 1930-31 1930 29-35
909 1930 23-36	910 1930-31 24-36	911 1930-31 25-36	912 1930-31 27-36	913 1930-31 28-36	914 PUEBLO 1930-31 29-36	CON 16.384
930 1931-32 1930 23-37	931 JUMILLA 24-37	932 1930 25-37	933 ALTANTARROSA 26-37	934 MURCIA 27-37	935 1930-31 28-37	
951 1931 23-38	952 MELILLAS 24-38	953 1930 25-38	954 1930-31 26-38	955 1930-31 27-38	956 1930-31 28-38	



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**  
**E. 1:50.000**

**MULA**

**Segunda serie - Primera edición**

SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA

La presente Hoja y Memoria ha sido realizada por ENADIMSA, bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en las mismas los Ldos. en Ciencias Geológicas siguientes: L. Jerez Mir, F. Jerez Mir y G. García Monzón.

#### **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- muestra y sus correspondientes preparaciones,
- informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras,
- columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos,
- fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M - 28.126 - 1974

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Madrid-16

## **1 INTRODUCCION**

### **1.1 ANTECEDENTES**

Como datos previos más importantes sobre la Hoja de Mula, tenemos el Mapa geológico a escala 1:50.000 de A. ALMELA y J. M. RIOS (1955) y la Tesis de PAQUET (1969).

Otros datos más o menos relacionados con los temas tratados en esta Memoria son los de los trabajos que figuran en la relación bibliográfica.

### **1.2 ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL**

Geográficamente, la Hoja de Mula se sitúa en la provincia de Murcia, al sur de la Hoja de Cieza. Geológicamente, en la parte externa de las Cordilleras Béticas, concretamente en plena Zona Subbética, pero integrada por unidades de índole paleogeográfica y tectónica netamente diferentes en su conjunto, aunque con características estratigráficas comunes a nivel de algunos pisos. De este modo, distinguimos las siguientes unidades de Norte a Sur en sentido geográfico, teniendo en cuenta que su procedencia geológica puede ser diferente en el caso de algunas de estas unidades:

- *Subbético Externo*, que podría denominarse también Subbético en s. lato, o bien «Unidad intermedia» entre Prebético y Subbético de Sabinar-Moratalla-Calasparra-Ojos..., según su amplia extensión regional. Esta Unidad, a escala regional más amplia, nos parece que per-

tenecería al mismo dominio estratigráfico que la serie de los Villares (provincia de Jaén), y que la unidad intermedia de la Sagra de Foucault (provincia de Granada), que el autor francés integra en el Prebético.

- *Subbético Interno* o *Subbético* en sentido estricto, corrido amplia y francamente sobre la unidad anterior.
- *Unidad de Mula*, constituida exclusivamente por materiales del Senoniano al Paleógeno y Mioceno Inferior, cuya relación tectónica con las unidades anteriores entra en el terreno de las hipótesis al no existir constatación directa de sus contactos, debido al recubrimiento del Neógeno Superior y derrubios cuaternarios.
- *Unidad de Manzanete*, de la que sólo llegan a aflorar los materiales del Lías Inferior, en facies muy común en todas las unidades Subbéticas, y que podría corresponder o estar directamente relacionada con el Mesozoico de Sierra Espuña, bajo el recubrimiento del Neógeno.

Finalmente, hay que distinguir el Mioceno postmantos, esencialmente Tortoniano, pero cuya extrema base, en ciertos puntos, parece aún pertenecer al Helvetiense o Mioceno Medio. La mayor parte del Helvetiense se depositó previamente a los corrimientos (Langhiense-Serravaliense de la cuenca de Moratalla y O. de Calasparra), y no figura en la Hoja de Mula.

— *Depresión Interna* del Mioceno postmantos.

Aunque geográficamente la Unidad de Mula se sitúa al sur del Subbético interno (altos de la Sierra del Ricote), es posible, en hipótesis, que paleogeográficamente hubiera constituido una unidad intermedia entre el Subbético externo y el Subbético interno. El Terciario que constituye esta unidad tiene más semejanza con el del Prebético meridional (Sierra de la Puerta, Hoja de Calasparra; y serie de la Garrapacha, Sierra de la Pila, Hoja de Cieza) y con el del Prebético interno (Sierra de la Muela, Hoja de Moratalla), que con el del propio Subbético externo de origen paleogeográfico más septentrional. Así, el Subbético externo podría proceder de un surco paleogeográfico entre el Prebético meridional y el Subbético interno, en cuyos bordes norte y sur las condiciones paleogeográficas durante el Paleógeno serían relativamente semejantes. Es esta una hipótesis difícil de comprobar en lo que se refiere a la Unidad de Mula, en todo caso imposible con las observaciones de superficie en la transversal estudiada. Otra hipótesis, contraria a la anterior, sería la de considerar la Unidad de Mula como de origen paleogeográfico inmediatamente meridional al Subbético en sentido estricto. Con los datos que poseemos en este momento, no nos es posible desechar una u otra hipótesis de forma categórica, pero nos inclinamos a sostener más la primera de ellas.

En todo caso, la Unidad de la Sierra de Manzanete tendría un origen paleogeográfico más meridional que la de Mula y, al parecer, que el propio Subbético Interno de la Sierra del Ricote.

De otra parte, el detalle de la cartografía que hemos levantado entre las Hojas de Cieza, Calasparra y Mula, nos ha permitido comprobar que los materiales jurásicos que constituyen la Sierra del Ricote son alóctonos sobre los cretácicos y paleógenos del Subbético externo. Tales hechos se constatan en las vertientes oriental y meridional de la Sierra del Ricote, pues al norte y al este de la misma el recubrimiento cuaternario impide la observación directa. Dada la importancia de estos hechos, que cambian por completo las concepciones sobre la relación entre las estructuras de la Sierra del Ricote y de los materiales cretácicos y paleógenos circundantes a este relieve, hemos recorrido minuciosamente los contactos y puntos claves que permiten esta afirmación. Igual sucede en la Hoja de Cieza al Norte, con la Unidad Subbética interna de la Sierra del Oro, alóctona sobre el Subbético externo.

Los materiales de la amplia depresión miocena que se extiende entre Mula, Molina de Segura y Archena corresponden, en su mayor parte, al Tortoniense y, en su parte más superior al Andaluciense, que presenta interesantes indentaciones entre episodios continentales y marinos. Estos materiales se han depositado posteriormente a la puesta en lugar de las unidades alóctonas, y su extensión autóctona traspasa hacia el Norte los frentes de corrimiento. No obstante, existen interesantes discordancias internas intratortonienses, e incluso intraandalucienses, de valor muy local, pero que se repiten en numerosos puntos. Estas discordancias, en ocasiones de fuerte valor angular, obedecen, claramente en ocasiones, a movimientos locales de reajuste gravitatorio de las masas alóctonas. Estos movimientos gravitatorios habrían provocado esfuerzos tangenciales fundamentalmente sobre los bordes de las depresiones tortonienses, y tendrían relación con los mismos movimientos que también han provocado cobijaduras de envergadura muy moderada sobre las margas tortonienses en el frente de corrimiento entre Calasparra y Cieza.

## 2. ESTRATIGRAFIA

### 2.1 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DEL SUBBETICO EXTERNO

Esta unidad se compone de materiales entre los que sólo llegan a aflorar las formaciones comprendidas entre el Albiense y el Eoceno. Ninguno de los afloramientos jurásicos de la Hoja de Mula puede ser atribuido a esta unidad. Tampoco los materiales del Keuper, que se encuentran mecánicamente entremezclados con los de las formaciones cretácicas y paleó-

genas de esta unidad, pueden atribuirse a la misma. La cartografía de detalle de la amplia región en que se repite este fenómeno, permite desechar toda hipótesis de diapirismo intracretácico o intrapaleoceno para explicar la mezcla tectónica. Parece indudable que tal mezcla se ha producido entre el Keuper del Subbético en s. estricto y las capas cretácicas-paleógenas, incompetentes, durante el proceso de corrimiento y fricción del manto superior (Subbético interno) sobre el inferior (Subbético externo), tal como ha sido propuesto previamente por uno de nosotros (L. JEREZ, Tesis Doctoral) y corroborado en nuestras observaciones conjuntas posteriormente. La laminación frecuente del Keuper (originalmente potentísimo) bajo el Jurásico del Subbético interno al correr sobre los materiales semiplásticos del Subbético externo, la falta de afloramientos jurásicos y de la mayor parte del Cretácico Inferior del *Subbético Externo*, el acuñamiento tectónico de unas escamas contra otras, y la constatación en diversos casos, a veces espectaculares, de retazos de Keuper a la vez «cabalgados por» y «cabalgantes sobre» las margas albienses, volviéndose sobre sí mismos, argumentan la hipótesis propuesta, a la vez que hacen difícilmente aceptable una hipótesis en la que el diapirismo sea la causa original de estos fenómenos. Por el contrario, sí se ha constatado un diapirismo local del Keuper, ya alloctono, sobre el Tortoniense postmantes.

Las formaciones del *Subbético Externo* representadas en la Hoja de Mula son las siguientes:

#### 2.1.1 Albiense-Cenomaniense Inferior ( $Cs_{16-21}^{0-1}$ )

Se compone de margocalizas y margas verdes finamente areniscosas y, eventualmente, algunas intercalaciones de finos niveles de arenas, menos frecuentes y potentes que en las Hojas septentrionales vecinas de Cieza, Calasparra y Moratalla. Las margas son ricas en *Hedbergella trocoidea*, *Globigerina ex. gr. washitensis*, *Ticinella roberti*, *Radiolarios* (*Dyctyomitra*) y otros organismos. En la Hoja de Mula no existe ningún corte favorable en serie relativamente tranquila como para calcular, objetivamente, su espesor. Este, entre Cieza y Calasparra, supera los 400 m.

La disminución hacia el Sur de los componentes terrígenos de esta formación a nivel del Albiense, asevera su origen desde áreas fuentes septentrionales.

#### 2.1.2 Cenomaniense Inferior-Santonense Inferior ( $Cc_{21-23}^{1-0}$ )

Esta formación comprende con seguridad en todas las manchas cartografiadas un conjunto estratigráfico Cenomaniense-Turoniano, pero en el corte de detalle (LJ-67 a LJ-78), 1,5 km. al norte de Ulea, se confirma que

esta formación alcanza el Santoniense Inferior bajo las capas rojas del Senoniense.

Se trata de calizas microcristalinas (biomicritas) más o menos margosas y margas, de colores blancos, que intercalan casi siempre niveles de sílex negro, y de conglomerado calizo margoso monogénico de composición análoga a la de las calizas que lo encajan. Debe recordarse que los niveles de sílex y conglomerado de esta formación son comunes en el Prebético meridional y en el Subbético externo. Se reconoce una abundante fauna de *Globotruncanas*: *G. linneiana*, *G. sigali*, *G. tricarinata*, *G. angusticarinata*, *G. coronata*, *G. cf. renzi-sigali*, *G. cf. conica*, etc. (ver LJ 67-68-69-70 y 71).

### 2.1.3 Senoniense-Paleoceno ( $C_{23}T_1^A$ y $C_{23}T_2^A$ )

Comprende la formación de la facies en «capas rojas», en la que se pueden caracterizar el Santoniense, Campaniense, Maestrichtiense y Paleoceno, pero en ocasiones en la misma facies se ha llegado a caracterizar también el Luteciense. Por el contrario, en otras ocasiones se pierde casi por completo el carácter rojo, asemejándose la facies del conjunto a la de la formación anterior en sus calizas. Se trata de margocalizas (biomicritas arcillosas) y margas, y en menor proporción calizas, finamente estratificadas.

Así, en la «facies de capas rojas» de esta formación se han podido caracterizar: el Coniaciense (LJ-65), con *G. cf. fornicata*, *G. cf. angusticarinata* y *G. renzi*; el Santoniense Superior, con (LJ-73) *G. carinata*, *G. coronata*, *G. linneiana*; el Campaniense Inferior (LJ-74), con *G. arca*, *G. conica* y *G. stuartiformis*; el Campaniense Superior (según Sigal) o el Maestrichtiense Inferior (si se sigue a Póstuma), con la asociación (LJ-78), de *G. elevata*, *G. stuartiformis*, *G. arca*, *G. falsostuarti* y *G. stuarti*. El Luteciense Inferior (LJ-56), con *Globorotalia aragonensis*, *Truncorotaloides topilensis* y *Globorotalia spinulosa*. Esto en lo que se refiere al corte de detalle situado 1,5 km. al NNE. de Ulea. En otros puntos (LJ-128) y (FJ-50) ha sido bien caracterizado el Maestrichtiense, con *G. elevata*, *G. falsostuarti*, *G. contusa*, *G. stuarti* y *Pseudotextularia elegans*.

### 2.1.4 Paleoceno-Eoceno ( $T_{1-2}^{A-A}$ )

Sobre la formación de capas rojas anterior, y en parte indentada con el techo de la misma, viene otra formación que en su conjunto es más superior. Se trata de una alternancia bien estratificada de calizas microcristalinas (biomicritas algo arenosas), margas y areniscas. Algunos de sus niveles están constituidos por *Nummulites* más o menos sueltos. El conjunto tiene un aspecto flyschoidé. Predominan los colores blancos de los niveles calizo-margosos sobre los pardos de las areniscas. Esta formación está

mejor representada, en cuanto a número de afloramientos, en el mismo *Subbético Externo* de la Hoja de Calasparra que en las de Cieza y Mula.

En esta formación se ha podido caracterizar el *Danés-Montiense* (FJ-51), con *Globorotalia af. pseudobulloides* y *G. af. trinidadensis*. El *Ilerdiense Superior-Cuissiense Inferior* (en LJ-66), con *Globorotalia gracilis*, *Globorotalia aff. formosa* y *Globorotalia aequa*. El *Paleoceno Superior probable* (FJ-52), con *Globorotalia compressa*, *G. pseudobulloides...*, y el *Luteciense* (FJ-53, FJ-55), con *Alveolinus*, *Nummulites*, *Discocyclinas*, *Ortophragminas*, *Globorotalia af. bolbrooki*, *Asteroterina*, etc.

## 2.2 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DEL SUBBETICO INTERNO

El *Subbético Interno* o *Subbético en s. estricto*, se encuentra representado en la Hoja de Mula en la Sierra del Ricote. Forman también parte del mismo las pequeñas manchas de Jurásico y Trías, desperdigadas en las inmediaciones entre Archena y el Ricote, y cuyos materiales (Keuper esencialmente) se encuentran mecánicamente entremezclados con los del Subbético externo. Integraron en una misma unidad las tres unidades que diferenciaba PAQUET en el conjunto montañoso del Ricote, esto es, la Unidad de la Bermeja, la Unidad de la Garita y la Unidad de la Mezquila (PAQUET, 1969). En efecto, las razones de PAQUET para diferenciar la Unidad de la Garita como independiente (PAQUET, pág. 56) se deben al diferente tipo de sedimentación que el autor cree encontrar con respecto a la Unidad de la Bermeja. Dice PAQUET (párrafo 7, pág. 56): «*a un aporte detritico (oolitos, gravas cementadas en una matriz caliza) sigue una sedimentación puramente silicea, brutalmente y sin pasos intermedios...*»; «*esta sedimentación caliza desaparece casi tan brutalmente como aparece*». Al no poder concebir unas oscilaciones rítmicas del fondo marino, desde una sedimentación profunda con radiolaritas y margas a unas condiciones neríticas propias del depósito oolítico, lo que además tendría que ocurrir repetidas veces en poco tiempo, para explicar la sucesión alternante entre radiolaritas y sedimentos oolíticos, PAQUET se inclina a considerar que los materiales detriticos habrían sido transportados por corrientes de turbidez. Aunque la idea en sí misma es razonable, para nosotros no es apropiado aplicarla en el caso presente, puesto que existe una explicación tectónica fácil de constatar en el campo. Los aparentes «*bruscos cambios de sedimentación*» serían en realidad ocasionados por *repetidas fallas inversas subparalelas a la estratificación*, según superficies buzantes fuertemente al Sur. Mediante esta zona de escamas, se repiten al azar las radiolaritas verdes y margas alternantes con calizas con sílex, entre otros niveles calizos bréchicos o conglomeráticos que en algunos casos constituyen una verdadera brecha tectónica.

De otra parte, el Jurásico del sector de la Garita cabalga sobre el Ju-

rásico del sector de la Bermeja, mediante un filete de margocalizas en facies de capas rojas del Senoniense. Ahora bien, nosotros consideramos que las capas rojas Senonienses de este afloramiento alargado, constituyen un «filete arrastrado» de las formaciones tectónicamente infrayacentes del Subbético externo (2.1.3) sobre las que ha corrido claramente el conjunto de la Sierra del Ricote. Así, aunque realmente existe cierta independencia mecánica entre la Bermeja y la Garita, la falla inversa que las separa es un accidente de valor local, no una superficie de corrimiento, como sí lo es, por el contrario, la superficie que bisela por su base los pliegues más o menos apretados del conjunto de la Sierra del Ricote, alóctona sobre el Subbético externo. Ciertos hechos apoyan la idea de una envergadura moderada para la falla inversa muy poco tendida que ha permitido el «arrastre» del Senoniense del Subbético externo, a la par que corroboran la vecindad paleogeográfica casi inmediata entre la Bermeja y la Garita. Y, en consecuencia, lo innecesario de considerar ambas partes como dos unidades distintas. En efecto, en las series que componen la supuesta unidad de la Bermeja, se puede constatar ya un adelgazamiento progresivo del espesor del conjunto del Jurásico, de NO. a SE., perpendicular a la dirección de los pliegues. Este adelgazamiento progresivo no debe atribuirse exclusivamente a la compresión y laminación por causas tectónicas. Al menos en parte es claramente de origen primario y estratigráfico, pues no se constata solamente en las facies calizo-margosas incompetentes, sino también en las calizas Pliensbachienses más competentes; y no sólo en las partes más comprimidas con estructuras en pliegues y escamas apretadas, sino también en sectores menos comprimidos próximos a charnelas de pliegues. Queda suficientemente claro, a nuestro juicio, que el adelgazamiento estratigráfico de conjunto en las series de la Mezquila (vertiente o parte sur de la Sierra del Ricote), comienza ya a esbozarse más al Norte en las series de la Bermeja y de la Garita. Por lo que el acortamiento horizontal entre ambos sectores, debido al plegamiento y algunas fallas inversas de moderada envergadura, no ha de ser necesariamente exagerado. De aquí que la relación paleogeográfica entre la Bermeja, la Garita y la Mezquila pueda considerarse casi inmediata, y convenga distinguir distintas series, más que distintas unidades, dentro de la Sierra del Ricote.

## 2.2.1 La Serie al norte de la Sierra del Ricote

Se pone de manifiesto la sucesión siguiente:

(T<sub>A33</sub>-J<sub>13</sub>) *Hettangiense-Sinemuriense* (s. l.), pudiendo alcanzar también parte del Rethiense y el Pliensbachiense, constituido por dolomías masivas o groseramente estratificadas. Su espesor alcanza los 200 m. sin llegar a observarse el muro.

(J<sub>12-13</sub>) *Pliensbachiense* (s. I.), al que atribuimos los 50 m. de calizas que siguen, tanto más groseramente estratificadas hacia la base, donde el paso a las dolomías inferiores es insensible, gradual e irregular. Se trata de pelmicosparitas, a veces oolíticas, con restos de *Lamelibranquios* y *Gasterópodos*, *Algias*, *Rhapydionina*, etc.

(J<sub>14-21</sub>) *Toaciense-Aalenense*, conjunto margocalizo que culmina con calizas con sílex, que intercalan un nivel discontinuo de basalto submarino. En la cabecera de la Cañada de Mahoma (NO. de la Sierra del Ricote), se compone de:

- 40 m. de margas con Ammonites.
- 20 m. de calizas (biomicritas, intrabiomicritas) y margas, con *Ostrácodos*, *Lamelibranquios*, *Radiolarios*, *Lenticulina angusticarinata*, *Dentalina*, sp., *Spirillina* sp.
- 10 m. de calizas con sílex, con *Radiolarios* y *filamentos*, *Ostrácodos*, *Lamelibranquios*, *Lenticulina angusticarinata*, *Dentalina* sp., *Spirillina* sp., etc., que intercalan 1 m. de basalto submarino (espilita) hacia la base, y otro de unos 3 m. hacia el techo. Este nivel superior de roca volcánica marcaría el límite Aalenense-Bajociense, de acuerdo con PAQUET (1969). La roca corresponde a una espilita amigdalalar (FJ-22).

(J<sub>22-31</sub>) *Bajociense-extrema base del Malm*, que en el mismo corte de la Cañada de Mahoma se compone de 30 m. de calizas con sílex y margas. Se trata de pelmicitas a veces algo arenosas-silíceas, con *Radiolarios*, abundantes *filamentos*, *Lenticulina aff. taveolata*, *Spirillina*, sp., *Ostrácodos*, *Epistomina* sp., *Dentalina* sp.

(J<sub>31</sub><sup>3</sup>) *Oxfordiense Superior*, representado por un nivel muy discontinuo de calizas nodulosas, en facies de «Ammonítico rosso», que no supera los 0,5 m., por lo que se pierde fácilmente al intentar seguirle sobre el terreno. Este nivel no se encuentra en el Corte de la Cañada de Mahoma, habiéndose constatado solamente en las inmediaciones de las casas de Vite, inmediatamente por debajo del nivel superior de radiolaritas.

(J<sub>14-31</sub>) *Serie comprensiva desde el Toaciense al Oxfordiense*.

El conjunto estratigráfico desde el Toaciense al Oxfordiense Superior, bien definido en la Cañada de Mahoma, donde no sobrepasa los 100 m. de espesor, duplica y casi triplica su potencia entre 6 y 8 km. al NE. de este lugar, en el corte que puede efectuarse sobre el cierre periclinal del anticlinal que figura en la cartografía. En este lugar, el aumento de espesor de la serie viene acompañado de la desaparición de los niveles guías de basaltos submarinos que han permitido la precisión mayor de la cartografía en otros puntos. Sin embargo, se ha comprobado la extensión hacia el Sur de

estos basaltos, cartografiándose un pequeño afloramiento que aparece en la carretera forestal de la Sierra del Ricote, al sur de la cabecera de la rambla de Ambroz.

#### (J<sub>32-33</sub>) Kimmeridgiense-Títónico.

Este intervalo cronoestratigráfico corresponde al de la formación radiolarítica característica del Subbético interno del Ricote. Se compone de:

- 10 m. de radiolaritas verdes (biomicrítas riquísimas en *Radiolarios*) y margas; en el pequeño anticlinal existente al NO. de los Llanos de Vite se encuentran margas radiolaríticas con mayor potencia (60 m.).
- 3 a 8 m. de radiolaritas rojas, que mantienen su espesor lateralmente con gran constancia, en la Sierra del Ricote, señalando una cierta uniformidad paleogeográfica en las características del depósito de este episodio. En esencia se trata, en este caso, de «margas radiolaríticas rojas». Sin embargo, en la zona de Mahoma no se ha constatado la presencia de esta facies roja.

Esta formación es rica en *Radiolarios*, *Lenticulina aff. faveolata*, *Spirillina* sp., *espículas*, *filamentos* muy cortos y finos, *Nodosaria regularis*, *Frondicularia* sp., *Involutina* sp., *Astacolus* sp., restos de *Equinodermos* y de *Lamelibranquios*, etc.

Aunque a menudo se encuentran algunos tonos rojos esparcidos en el nivel de radiolaritas verdes, puede afirmarse que en general las margas radiolaríticas rojas se sitúan al techo de las verdes.

#### (J<sub>33</sub>) Títónico indiferenciado

En la Cañada de Mahoma se compone de 10 m. de calizas oolíticas, que hacia la serie nororiental del anticlinal antes señalado al NO. de los Llanos de Vite pasan, lateralmente, a calizas con sílex y margas, superando entonces los 40 m. de espesor y desapareciendo la textura oolítica. En el caso de las calizas oolíticas (intraoosparitas), contienen *Clypeina* sp., *Pseudocyammina* sp., *Ophthalmididos*, *Algias*, restos de *Equinodermos*, etc., microfacies de un probable Kimmeridgiense. No obstante, estas calizas oolíticas contienen también fragmentos resedimentados de las calizas del Dogger. Las calizas con sílex de paso lateral, cambian su contenido en organismos, entre los que volvemos a reconocer *Radiolarios*, *espículas*, *Lenticulina*, sp., restos de *Equinodermos* y de *Lamelibranquios*, *Aptychus*, etc.

#### (J<sub>33</sub>) Títónico Superior

La formación anterior culmina con un nivel de calizas nodulosas del Títónico, cuya potencia máxima en la Sierra del Ricote no supera 1 m. de espesor. De ahí su discontinuidad y la facilidad con que se pierde entre los

derrubios al intentar seguirlo en la cartografía. Este nivel es rico en *Ammonites* (PAQUET, 1969), y al igual que el del Oxfordiense se presenta en la facies propia del «Ammonítico rosso».

Se trata de biopelmicritas, ricas en *Saccocoma*, restos de *Equinodermos*, *Gasterópodos*, *Radiolarios*, *Globochaete* (?), *filamentos* (?), *espículas*, *Ostrácodos*, larvas de *Ammonites*, *Stomiosphaera* y *Aptychus*. Este nivel sólo ha podido ser cartografiado en el anticlinal citado al NO. de los Llanos de Vite y, por otra parte, en la vertiente sur de la Sierra del Ricote.

#### (C<sub>11-13</sub>) *Neocomiense*

A la anterior sigue una formación de margas y margocalizas (micritas y biomicritas arcillosas) blancas, cuyo espesor en la vertiente norte del Ricote, en el sinclinal existente en el extremo de los Llanos de Vite, supera los 60 m. Contienen *Ammonites* y una microfauna basal de restos de *Equinodermos*, *Lamelibranquios* *Frondicularia* sp., *Spirillina* sp., *Lagenaria* sp., *Lenticulina* sp., *Dentalina* sp., *Radiolarios*, y tubos calizos de *Algas*. Esta formación reduce su espesor sensiblemente en la vertiente sur de la Sierra del Ricote.

#### 2.2.2 La Serie al sur de la Sierra del Ricote

En la vertiente sur de la Sierra del Ricote, la serie se encuentra muy frecuentemente recubierta por derrubios de ladera, lo que dificulta la descripción de detalle. El lugar menos desfavorable para observar los términos margosos del Jurásico se localiza 2,5 km. al este del vértice geodésico Almeces (1.121 m.), en el flanco sur del pliegue sinclinal que figura a esta altura en la cartografía.

El conjunto calizo margoso del intervalo Toarcieno-Titónico, que contaba con unos 130 m. de espesor en la cabecera de la Cañada de Mahoma, y con más de 300 m. en el cierre periclinal del anticlinal situado entre 2 y 4 km. al norte del vértice Almeces (1.121 m.), ambos casos en la vertiente norte de la Sierra del Ricote, en este otro corte meridional no parece superar los 100 m. de espesor. Muy aproximado, pues, al espesor constatado en la cabecera de la Cañada de Mahoma.

En este corte se distingue la siguiente sucesión:

#### (T<sub>A33</sub>-J<sub>13</sub>) *Rethiense* (s. lato).

Atribuimos a este intervalo una formación en la que alternan yesos blancos y dolomías finamente estratificadas. Su espesor es del orden de 75 a 100 m. en los puntos de la vertiente sur de la Sierra del Ricote, donde la serie se encuentra más completa.

#### (T<sub>A33</sub>-J<sub>13</sub>) *Hettangiense-Sinemuriense* (s. I.).

Dolomías masivas, en serie continua con la formación anterior, cuyo es-

pesor de conjunto en la vertiente sur de la Sierra del Ricote oscila por lo general entre valores inferiores a los 100-150 m. Se estima, en todo caso, un espesor de conjunto menor que en la parte central de la Sierra del Ricote.

(J<sub>12-13</sub>) *Pliensbachiente*, al que atribuimos las calizas en bancos gruesos que siguen en la serie, formación de espesor variable entre 25 y 40 m. Estas calizas culminan en otras calizas con sílex y en unos nivelitos de caliza arenosa.

(J<sub>14-31</sub>) *Serie comprendida desde el Toaciense al Oxfordiense.*

Esta formación se encuentra parcialmente recubierta en su parte inferior, que sería esencialmente margosa, al igual que en las series septentrionales. Pasado el recubrimiento inicial, afloran unos niveles de margas y margocalizas a los que siguen unas calizas con sílex. Este conjunto, que al norte de la Sierra del Ricote llega a superar los 200 m., apenas superaría aquí los 50 m.

(J<sub>32-33</sub>) *Kimmeridgiense-Títónico.*

La formación de radiolaritas, verdes en la base y rojas en el techo, como en todas las series de la Sierra del Ricote, es semejante en espesor y demás características a las que se han descrito anteriormente en el corte de la Cañada de Mahoma.

(J<sub>33</sub><sup>3</sup>) *Títónico.*

Se compone de un nivel discontinuo de unos 0,3 m. de calizas nodulosas, con *Ammonites*, en «facies ammonítico rosso», y *Aptychus*, entre los que se han recogido *Laevaphyechus* cf. *tenuiobliquus* y *Lamellaphyechus* (GM-22).

(C<sub>11-13</sub>) *Neocomiense.*

Representado en este corte por unos 30 m. de margas y margocalizas de facies semejantes a la del corte de la vertiente norte de la Sierra del Ricote.

(C<sub>23-26</sub>) *Senoniense.*

Sobre las margas anteriores, en la vertiente sur de la Sierra del Ricote, junto al camino forestal que discurre por la cota de 700 m., se ha podido constatar un pequeño afloramiento, conservado de la erosión, de margas y margocalizas en facies de capas rojas (LJ-64) semejantes a las del Subbético externo. En la muestra estudiada se reconoce el *Coniaciense Superior-Santoniano Inferior*, con *Globotruncanas*: *G. cf. primitiva*, *G. angusti-*

*carinata*, *G. schneegansi*, *G. sigali* y *cf. renzi*. Junto a estas formas aparecen otras resedimentadas del Cenomaniense.

### 2.2.3 El Trías de la Sierra del Ricote

A parte de los yesos y dolomías alternantes de la parte superior del Keuper (Rethiense s. lato) con que se inicia la serie antes descrita, hay que citar los materiales del Trías subbético interno, independizados mecánicamente de la serie anterior. Entre estos materiales se encuentran representadas las calizas del Muschelkalk ( $T_{C2}$ ) y las margas yesíferas del Keuper ( $T_{C3}$ ).

## 2.3 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA UNIDAD DE MULA

La Unidad de Mula comprende materiales que van desde el Senoniense al Mioceno Inferior, pero fundamentalmente están representados los del Eoceno y Oligoceno.

La complicación tectónica es de tal grado que el conocimiento de la serie no se ha conseguido sino después de establecer numerosos cortes parciales de detalle, que permiten conseguir una idea bastante precisa del conjunto. Se distinguen en el mismo las siguientes formaciones:

### 2.3.1 Senoniense ( $C_{23-26}^{mc}$ )

La formación senoniense, compuesta de margocalizas, calizas (biomicritas) y margas en facies de «capas rojas», aflora en la Unidad de Mula, constituyendo retazos de serie implicados en la tectónica de escamas.

En estas capas rojas y blancas, alternantes, litológicamente semejantes a las de las otras unidades subbéticas, se han podido reconocer con la asociación de Globotruncanas:

- el Santoniense (LJ-114), con *G. concavata*, *G. angusticarinata* y *G. «ex grege» linneiana*;
- el Campaniense (LJ-112), con *G. elevata*, *G. stuartiformis* y *G. sub-espinoosa*;
- el Campaniense Superior (LJ-115), con *G. coronata*, *G. calcarata* (?), etcétera.

El Maestrichtiense, que no ha sido reconocido al techo de la formación, puede afirmarse que se habría llegado a depositar, pues en repetidas ocasiones se ha encontrado su microfauna resedimentada entre las margas (LJ-122) del Mioceno Inferior implicado en las escamas, que intercala algunos nivelitos de areniscas silíceas (LJ-121), también en este caso con fauna resedimentada del Santoniense s. lato. Entre las Globotruncanas del

Maestrichtiense resedimentado en el punto indicado, se han reconocido formas de: *G. stuarti*, *G. falsostuarti*, *G. lamellosa* y *Racemiguembelina fructicosa*. Si se considerase como asociación, lo cual no debe hacerse en rigor por la remoción ocurrida, se podría especificar un *Maestrichtiense Medio*.

### 2.3.2 Formaciones y series paleógenas

Para un conocimiento de la serie paleógena en la Unidad de Mula hay que referirse a varios cortes parciales, tal como se ha expresado en la columna estratigráfica esquemática de la cartografía; donde las líneas quebradas de separación de las distintas partes quieren expresar una relación aproximada basada en las dataciones. Las distintas porciones de la columna se encuentran independizadas mecánicamente entre sí, por lo que su correlación lateral debe suponerse sólo aproximada.

#### 2.3.2.1 Conjunto Paleoceno a Luteciense Superior

Se pone de manifiesto entre la Ciudad de Mula y la vertiente de Trascastillo, en un corte realizado a lo largo de la vereda que atraviesa la alineación montañosa entre ambos puntos, al este de las ruinas del Castillo. Los términos más antiguos afloran en el núcleo anticinal (ver cartografía), sobre cuyo flanco sur se han conservado bien los niveles superiores. Se distinguen dos formaciones:

(T<sub>1-21</sub>)<sup>A-Ab<sup>2</sup></sup> *Paleoceno a Luteciense Medio*, cuya atribución cronoestratigráfica se debe en parte a la posición estratigráfica relativa. Constituido en la base por margas amarillentas, débilmente yesíferas, con *Globigerinas*, *Lenticulina* sp., y fauna resedimentada del Cretácico Superior. Sobre estas margas vienen otros 15 m., en los que se distinguen dos bancos de calizas turbidíticas conglomeráticas, intercalando un tramo de margas negras con grava calcárea de la misma caliza. Los bancos calizos (LJ-85) contienen *Discocyclinas*, *Operculina* y *Nummulites*, con lo que podría tratarse de un Eoceno Inferior-Medio, pero la situación relativa en la serie indica que el conjunto no pasaría del Luteciense Medio. Estas calizas aumentan lateralmente su espesor.

(T<sub>21-21</sub>)<sup>Ab<sup>2</sup>-Ab<sup>3</sup></sup> *Luteciense Medio-Superior*, sobre el tramo anterior, constituido por 60 m., a los que siguen otros 30 a 50 de margas con calizas intercaladas. Interesa destacar que, no obstante el color predominantemente verde-amarillento de las margas, se intercalan ya desde este Luteciense margas rojas aparentemente idénticas a las del Priaboniense y Oligoceno, si bien con distinta microfauna (todas las margas rojas de estos contornos habían sido dadas hasta ahora como oligocenas). Las margas, verdes y rojo

carmín, contienen *Rotalia aff. rimosa*, *Glomerotalia centralis*, *Globigerapsis index*, *Globigerapsis kugleri*, *Globorotalia bullbrooki*, *Globorotalia pseudotobilensis* y *Truncorotaloides topilensis*, entre las formas características. Las calizas son ricas en *Nummulites*.

### 2.3.2.2 Conjunto del paso Luteciense a Priaboniense

En la vertiente SE. de Cerro-Marinas, al NO. de la vertiente de Trascastillo, se distinguen:

( $T_2^{Ab}$ ) Con 60 a 100 m. de calizas (LJ-106), que al techo son ricas en *Discocyclina* sp., *Nummulites* sp., y *Asterocydina*, asociación que corresponde aún al Luteciense.

( $T_{2-2}^{Ab-Ab}$ ) Margas verdes y rojas inmediatamente encima de las calizas anteriores, ricas en su base en *Globigerapsis index* (LJ-110) del Luteciense-Priaboniense (s. lato).

### 2.3.2.3 Conjunto Cuissiense Biarritzienense

En el núcleo anticinal que figura al pie del vértice geodésico Lomo (635 m.) se distinguen:

( $T_{22-21}^{Ab-Ab}$ ) 60 m. de calizas muy bien estratificadas, alternando con margas, ambas de colores grises oscuros, con *Globorotalia pseudotobilensis* y *Globorotalia aff. bullbrooki* en un nivel de margas (LJ-135) hacia la parte media, asociación del Cuissien-Luteciense; posiblemente, todo el conjunto pudiera ser ya Luteciense, pues las calizas masivas superiores pertenecen al Biarritzienense.

( $T_{22}^{Ab}$ ) Calizas masivas, con *Discocyclina* sp., *Nummulites* sp., *Assilina* sp., *Orbitolites* sp., *Asterocydina* sp. (LJ-138), además de *Sphaerogypsina globula* (LJ-139). Estas calizas sólo cuentan con unos pocos metros en el flanco sur del anticinal referido, debido a una falla. Sobre el flanco norte son mucho más potentes.

### 2.3.2.4 Conjunto Priaboniense Superior-Oligoceno.

Importante serie que se ha estudiado en detalle desde la ribera norte del río Mula, en la cola del Embalse de la Cierva hasta la vertiente sur del vértice Lomo, esquivando en el itinerario del corte los recubrimientos cuaternarios. La serie se pliega en anticinal, al sur del anterior (2.3.2.3). Afloran niveles cada vez más modernos hacia el flanco norte de la estructura:

( $T_{23}^{Ac}$ ) *Priaboniense Superior*, en la siguiente alternancia uno de los po-

cos lugares de la Unidad de Mula donde no existe argumento alguno para invocar repeticiones por fallas:

- unos metros de calizas y margocalizas;
- 40 m. de margas verdes y rojas, con (LJ-151) *Globigerina cf. rohri* y *Uvigerina mexicana*;
- 40 m. de calizas, con *Discocyclina* sp., *Lockhartia* (?) y *Nummulites* sp. (LJ-150);
- 100 a 150 m. de margas rojas, con *Globigerina rohri* y *Uvigerina mexicana* (LJ-149), además de *Lagenodosaria scalaris* (LJ-148);
- 15 a 20 m. de margocalizas, calizas y margas verdes finamente estratificadas, con (LJ-145) *Uvigerina mexicana*, *Lagenodosaria scalaris*, *Globigerina rohri* y *Bullimina alsatica*;
- 80 a 100 m. de margas rojas, con *Globigerina rohri* (LJ-144);
- 20-30 m. de margas verdes intercalando calizas (LJ-143), con *Spiroclipeus* (?) del Priaboniense.

En este conjunto las margas rojas y verdes contienen microfauna común al Priaboniense Superior-Oligoceno, pero las calizas intercaladas tienen fauna que no sobrepasa el Priaboniense. Luego el conjunto debe atribuirse al Priaboniense Superior. Volvemos a llamar la atención sobre la presencia de formaciones de margas rojo carmín de edad eocena y no solamente oligocena. Más adelante se verá cómo las «facies rojas» pueden extenderse hasta el Mioceno Medio-Superior.

(T<sub>23-3</sub><sup>Ac-A</sup>) *Priaboniense Superior-Oligoceno*. Sobre el último tramo de calizas del conjunto anterior, vienen unos 150-200 m. de margas también rojo carmín, con *Uvigerina mexicana*, *Bullimina alsatica*, *Globigerina rohri* y *Boliminia tortuosa*; y hacia el techo (LJ-139), donde intercalan además unos nívelitos de areniscas silíceas rojas (anunciando quizás ya el carácter terrígeno de los conglomerados rojos superiores), se reconoce la asociación *Globigerina rohri*, *Bullimina alsatica*, *Globigerinita dissimilis* y *Globigerina venezuelana*. Ambas asociaciones son comunes en el Priaboniense Superior y Oligoceno.

#### 2.3.2.5 Conjunto Oligoceno-Mioceno basal (T<sub>23-1</sub><sup>Ac-Ba</sup>)

Se compone de una formación de margas rojas semejantes a las anteriores, pero que generalmente incluyen niveles de conglomerados poligénicos, en los que a veces destacan bloques de hasta más de 1 m<sup>3</sup>. El paso lateral entre margas rojas a conglomerados es frecuente. No obstante, las margas rojas son siempre ricas en microfauna, así como incluyen también cantos rodados de calizas del Priaboniense y del Luteciense.

En numerosos casos, estas margas contienen asociaciones comunes al

Priaboniense Superior-Oligoceno (*Globigerinina dissimilis*, *Globigerina rohri*, *Cassidulina subglobosa horizontalis*...), pero también son muy frecuentes las asociaciones delimitadas entre el Oligoceno Superior y el Mioceno basal, como las siguientes: *Bolimina aff. arta* y *Globigerina rohri* (LJ-116), *Globigerina rohri*, *Uvigerina mexicana* y *Uvigerina barbatula* (LJ-119). Asimismo, se puede desechar ya el Priaboniense en otros puntos (LJ-117), con la asociación de *Globigerina rohri* y *Uvigerina mexicana* del Oligoceno-Mioceno basal (s. lato).

#### 2.3.2.6 Mioceno Inferior (s. lato) ( $T_1^{\text{Ba}}$ )

Incluimos en este intervalo cronoestratigráfico, sin poder precisar más, una serie de margas y margocalizas, de colores verdosos y amarillentos, que eventualmente intercalan un nivel conglomerático próximo a la base, rico en *Lamelibranquios*, *Pecten* sp., etc., donde la formación es directamente discordante sobre las capas senonienses que afloran al pie de la vereda que cruza el relieve montañoso entre la vertiente de Trascastillo y Mula. Lo único que se puede decir de esta formación es que es posterior a la formación anterior 2.3.2.5 del Oligoceno Superior-Mioceno basal. Y también, claramente anterior al Helvetiense-Tortoniense, fundamentalmente a este último, que a su vez es claramente discordante sobre las escamas de la Unidad de Mula. Por el contrario, este Mioceno Inferior s. lato, se encuentra implicado en la tectónica de escamas de la Unidad de Mula. Las muestras estudiadas de esta formación contienen por lo general microfauna resedimentada del Senoniense, junto a escasas formas mal conservadas de *Globigerinas* de aspecto terciario (LJ-95-96) y, ocasionalmente, algunas formas de *Trifarina bradyi* y *Bolimina* que sugieren una edad de tendencia miocena. Así, pues, esta formación no ha podido ser datada con precisión en la Unidad de Mula.

#### 2.3.2.7 Formación roja continental entre el Mioceno Inferior y el Mioceno Superior ( $T_{\text{c1-c11}}^{\text{Ba-Bc2}}$ )

De valor indefinido entre el Mioceno Inferior (s. lato) y el Tortoniense Superior, atribuimos de forma convencional y provisional a este intervalo cronoestratigráfico, esta formación continental con algunos niveles marinos.

En todo caso, en la Hoja de Mula, puede afirmarse que esta formación roja es posterior al Oligoceno Superior-Mioceno basal, edad de la formación roja más moderna de las implicadas en las escamas; y, aun posterior, al Mioceno Inferior indefinido descrito en el apartado precedente. En efecto, bajo las areniscas tortonienses (discordantes) se encuentra esta formación roja sellando una falla inversa de cabalgamiento de calizas lutecientes sobre las margas miocenas anteriores. Por tanto, esta formación roja conti-

ntental es posterior a la constitución de las escamas de Mula; esto es, posteriores al Oligoceno Superior-Mioceno basal. También anterior al Tortoniense, que se encuentra discordante sobre esta formación continental.

Esta formación se confunde fácilmente sobre el terreno con las formaciones oligocenas antes descritas, más aún cuando una y otra tienen un marcado carácter terrígeno. Pero, no obstante, existe un criterio de distinción: las margas oligocenas rojas siempre son ricas en faunas características de ambiente pelágico, al igual que lo son las de los distintos términos de margas rojas del Eoceno. Por el contrario, la formación roja continental superior, cuando no es estéril, contiene faunas banales como «tubos calizos de Algas» (LJ-195); o bien fósiles escasos y mal conservados del Mioceno s. lato (LJ-193), con *Globigerinas* sp., *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides* sp., y *Globigerinita dissimilis*...; en ocasiones (LJ-194) ha dado también formas rodadas del Albienense-Cenomaniano (*Globigerina ex. gr. washitensis*, etc.). Unicamente en un nivel (LJ-176) se determinan *Eponides umbonatus*, *Eponides praecintus* y *Stilostomella nuttalli*, del Oligoceno-Mioceno Inferior. Pero por ser esta formación posterior a un Mioceno basal, hay que atribuir este nivel al Mioceno Inferior, desecharlo el Oligoceno.

## 2.4 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LA UNIDAD DE LA SIERRA DE MANZANETE

En la Sierra de Manzanete, bajo los materiales del Mioceno, afloran unas calizas típicas del Lías subbético en las distintas Unidades, y bajo las mismas las dolomías masivas típicas del Lías Inferior. Así, por semejanza con las demás unidades, atribuimos estos términos jurásicos al:

- *Hettangiense-Sinemuriense* (J<sub>11-12</sub>) las dolomías de base;
- *Sinemuriense-Pliensbachiente* (J<sub>12-13</sub>), las calizas inmediatas superiores.

No se conocen otros términos de la serie de esta unidad.

## 2.5 CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DEL MIOCENO POSTMANTOS

Con el fin de contrastar las diferencias entre las distintas formaciones rojas de la Unidad de Mula, hemos incluido la formación roja continental (2.3.2.7) en el capítulo anterior, y en la leyenda de aquella unidad. Sin embargo, podría interpretarse que la parte superior de aquella formación roja fuese un equivalente del Helvetiense y asignarlo a la base de este Mioceno postmantos en la leyenda.

Entre la Sierra de Cajal y Molina de Segura se extiende la depresión tortoniense, en la que hemos distinguido las siguientes formaciones y términos litoestratigráficos:

{T<sub>11</sub><sup>Bc1</sup>} Calizas bioclásticas, ricas en *Algas*, *Melobesias*, *Globigerinoides*,

*Equinodermos, Amphistegina* sp. Estas calizas intercalan en la Sierra de Cajal y hacia su parte media un tramo muy continuo de las margas que siguen.

(Tm<sub>11</sub><sup>Bc1</sup>) Margas y margocalizas, a veces con resedimentación del Cretácico, con *Nonion boueanum*, *Globigerinoides trilobus*, *Orbulina universa*, *Globorotalia scitula*, *Spiroplectammina wrighti*, *Sigmolina celata* (LJ-125), *Globorotalia pseudopachiderma*, *Globigerinoides sacculifer*, etc., microfaunas de amplitud cronoestratigráfica entre el Helvetiense y el Mioceno Superior; no obstante, por datos regionales y situación estratigráfica relativa, opinamos que la mayor parte de estos dos términos corresponderían ya al Tortoniano, si bien en la extrema base podría estar representado también la parte superior del Helvetiense.

(Tm<sub>11</sub><sup>Bc3</sup>) Margas, margocalizas y calizas arcillosas, en general algo arenosas y con algo de yeso.

Esta formación intercala areniscas y calizas bioclásticas (s), que sobre todo en su base y hacia el Oeste adquieren gran desarrollo e importancia, constituyendo el término que figura como T<sub>11</sub><sup>Bc3</sup>.

Las margas contienen fauna típica del Tortoniano, con *Uvigerina tenuis-triata siphogerinoides* (LJ-30); *Uvigerina aff. barbatula* y *Globorotalia menardii* (LJ-35); *G. pseudomiocénica* asociada a *O. menardii* (CM-29); *G. martinezii*, *G. geostaensis* y *Uvigerina barbatula* (GM-30); *G. geostaensis* asociada a *G. aff. nepenthes* y *Uvigerina barbatula* (GM-33), que precisaría la zona 16 de Blow; *Uvigerina sohwaggeri* asociada a *U. barbatula* (GM-34), etcétera.

Las areniscas y calizas bioclásticas contienen, por lo general, faunas más banales o, en todo caso, de determinación más imprecisa.

Estas margas datadas como Tortoniano figuran en la cartografía como Tortoniano Superior. La división del Tortoniano en Inferior y Superior, en este caso, debe considerarse en sentido estratigráfico relativo; es decir, como los términos más inferiores y más superiores del Tortoniano en la región, que separamos a nivel de una discordancia entre ambos, de valor local, pero de repetición frecuente en numerosos puntos. Esta discordancia se ha puesto de manifiesto también en la Hoja de Cieza, entre los términos calizos equivalentes. La discordancia en cuestión sería, pues, intratortoniano, sin precisar más.

El tránsito entre el Tortoniano y el Andaluziano se produce aproximadamente a la altura de la rambla de Cañada Honda, inmediatamente al SE. de Campos del Río:

(T<sub>12</sub><sup>Bc</sup>) Margas con algo de yeso, pirita oxidada, algo arenosas, con intercalaciones de areniscas, calizas bioclásticas, a veces conglomeráticas por su contenido en grava poligénica. Las margas contienen, entre otras, for-

mas asociadas de *Uvigerina aff. barbatula*, *Globorotalia geostaensis*, *Globorotalia aff. lumida plesiotumida*, *G. pseudomiocénica*, etc., del Tortoniense Superior-Andaluciense. En realidad esta formación la atribuimos al Andaluciense con fines prácticos por coincidir con MONTENAT, quien inmediatamente al Sur y Suroeste atribuye ya estos niveles al Serravaliense, término que nosotros no aplicamos por no tratarse aquí de una formación genuinamente continental.

( $T_{c11-c12}^{Bc3-Bc}$ ) *Conglomerados*, representados al sur de Molina del Segura, facies continentales que podrían equivaler lateralmente al Tortoniense Superior-Andaluciense.

( $T_{c12}^{Bc}$ ) *Conglomerados, areniscas y margas a veces rojas*, que parecen equivaler también a un paso a facies más continentales de los términos del Andaluciense en facies marina. Ambas formaciones se indentarían al este de las Torres de Cotillas.

( $T_{c12}^{Bc}$ ) *Calizas bioclasticas arenosas*, cuya facies no difiere de las de otros términos litoestratigráficos del Mioceno marino, pero por su posición estratigráfica dentro de las margas que hemos atribuido al Andaluciense.

Conviene señalar, finalmente, que al norte de Molina de Segura se manifiesta muy claramente una discordancia Intraandaluciense (o Intratortoniense Superior por las reservas señaladas), de valor local, pero suficientemente amplio y significativo, tal como se expresa en la cartografía.

Las discordancias internas del Mioceno Superior son reflejo de las fases finales del plegamiento en estas regiones, fases que no habrían de ser en su origen necesariamente de compresión. En efecto, las compresiones locales de estos materiales pudieron desencadenarse y verse obligadas por reajustes gravitatorios de los materiales alóctonos. Es decir, esfuerzos de distensión que dan lugar a esfuerzos de compresión sobre otros cuerpos.

## 2.6 CUATERNARIO

Los terrenos más modernos los constituyen los aluviones de los cursos fluviales (QA), coluviones de las laderas montañosas (QC), aluviones (QE) y materiales de influencia entre los tipos anteriores cuya delimitación no es viable en este caso (Q).

## 3 ROCAS IGNEAS

Las únicas rocas ígneas representadas son las clásicas ofitas del Keuper, y un filón de fortunitas al sur de la Puebla de Mula (GM-54). La génesis de ambos tipos de rocas se supone diferente.

Interesa destacar que la edad de las fortuitas no se puede precisar entre el Tortoniense y el Plioceno, como ocurre con otros afloramientos regionales.

## 4 TECTONICA

### 4.1 RELACIONES ENTRE LAS DISTINTAS UNIDADES

En la Hoja de Mula no existen más materiales autóctonos que los de la parte superior del Mioceno Inferior y todos los materiales más modernos, es decir, los terrenos «post-mantos».

El *Subbético Interno*, representado fundamentalmente en la unidad que constituye la Sierra del Ricote, ha corrido amplia y claramente sobre el *Subbético Externo*.

El *Subbético Externo* en la vecina transversal de Moratalla, según ha puesto de manifiesto anteriormente uno de nosotros (L. JEREZ, tesis, 1973), ha corrido a su vez sobre el Prebético más de 15 km. Así, el *Subbético* externo constituye, al menos en la transversal expresada, un manto de corrimiento. Sobre éste ha corrido más de 30 km. el *Subbético interno*, representado en este caso en la Sierra del Ricote, y más al Norte, en el Almorchón (Hoja de Calasparra), Sierra del Oro y retazos jurásicos y triáxicos circundantes (Hoja de Cieza).

De otra parte, no puede afirmarse la relación de la Unidad de Mula con el *Subbético* externo ni con el interno. Pudiera parecer que la Unidad de Mula, por sus facies paleógenas, fuese una unidad cuyo origen se encontrase en el borde meridional del surco *Subbético* externo, con sedimentación homóloga en cierto grado a las mismas facies paleógenas del Prebético meridional. En apoyo de esta hipótesis tenemos no sólo la semejanza de facies paleógenas expresada, sino también que la superficie del plano de corrimiento de la Sierra del Ricote se encuentra a una cota superior a la de los materiales de la Unidad de Mula, entre los que no se encuentran fallas de distensión que pudieran haber rebajado, posteriormente, el conjunto de esta unidad. De otra parte, este hecho no fundamenta de modo irrefutable la hipótesis dada, existiendo la posibilidad contraria, de que la Unidad de Mula sea de procedencia más meridional que el propio *Subbético* interno.

La Unidad de la Sierra de Manzanete queda también indefinida en sus relaciones con las demás, debido al recubrimiento del Mioceno Superior. En todo caso, parece de procedencia más meridional que la misma unidad de Mula, y podría representar una porción más meridional del mismo Jurásico de la Sierra del Ricote (*Subbético interno*).

## 4.2 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LAS RESPECTIVAS UNIDADES

La estructura interna de todas estas unidades es muy complicada. La cartografía de detalle que proporcionamos es suficientemente expresiva del grado de complicación (véase también la Hoja 26-35, Cieza).

El *Subbético Externo* presenta sus materiales constituyendo un sinnúmero de escamas tectónicas en las que ha jugado conjuntamente el Keuper del mismo *Subbético Interno*, al igual y mediante el mismo proceso a que se hace referencia en la Memoria de la Hoja de Calasparra. Este Keuper, que pertenece a la unidad superior corrida, se ha amasado tan intensamente con las margas albienses, margocalizas senonenses, etc., de la unidad Subbética externa, que puede decirse, en rigor, que nuestra cartografía no es exacta. Pues cuando separamos una mancha albiense, o del Keuper, etc., expresamos únicamente el predominio de los materiales que figuran en esa mancha, aun habiendo comprobado que existe *contaminación mecánica* de otros materiales en gran parte de los casos. Esta contaminación es de tal grado (pequeños retazos incluidos), que no sería viable su delimitación ni aun a escala 1:2.000. Parece indudable que las formaciones margocalizas del Subbético externo se han unido al Keuper en la función de favorecer el deslizamiento hacia el Norte de los materiales competentes del *Subbético Interno*. Una importante carga gravitatoria de las masas superiores corridas, y la presión tangencial en la zona de fricción entre ambos manto, habría provocado tan intensa mezcla.

El *Subbético Interno* de la Sierra del Ricote se dispone en apretados pliegues, que en general son bastante simétricos, con excepción del sinclinal del barranco del Pozo, que presenta su plano exial vergente hacia el Sur. De otra parte, en su parte central destaca una estrecha zona de fallas inversas de planos poco tendidos hacia el Norte, entre los que figura una estrecha franja de Senoniense que, dada la estructura general y comprobada de la Sierra del Ricote sobre el Subbético externo, bien pudiera tratarse de un retazo de esta última unidad arrastrado por la falla inversa por encima de la superficie del corrimiento general del Subbético interno.

Los pliegues de la Sierra del Ricote se encontrarían biselados por su base, según el plano de corrimiento del conjunto de la unidad, tal como se ha expresado en los cortes estructurales que acompañan a la cartografía.

La situación del Subbético interno del Ricote sobre el Subbético externo ha sido rigurosamente constatada sobre el terreno, siguiendo el contacto mecánico entre ambas unidades a lo largo de toda la vertiente sur y oriental de la Sierra del Ricote. De otra parte, hemos cartografiado minuciosamente el propio Subbético externo, siguiéndole desde este punto, hasta su frente de corrimiento sobre el Prebético en las Hojas de Cieza y Calas-

parra. De este modo, podemos afirmar que el Subbético externo constituye una unidad de rango paleogeográfico muy amplio, de Norte a Sur, cuya relación estratigráfica con el Prebético meridional es de afinidad indiscutible. Hasta tal punto que no es completamente seguro que en todas las transversales de la provincia de Murcia exista un corrimiento del Subbético externo sobre el Prebético.

La *Unidad de Mula* presenta una complicada estructura interna, en la que un gran número de escamas tectónicas se apilan entre sí según fallas inversas con cabalgamientos hacia el NNO.; con excepción de la más septentrional de estas fallas, que permite el cabalgamiento hacia el SSE. del anticlinal más septentrional. El acortamiento de conjunto es mayor en la parte meridional de la unidad, donde las escamas se aprietan más estrechamente, mientras que al Norte se conservan pliegues anticlinales no tan intensamente deformados. Las deformaciones tan intensas de la Unidad de Mula responden, sin duda, a esfuerzos tangenciales de gran intensidad. En esta unidad se deduce una peniconcordancia-penidiscordancia del conglomerado rojo del Oligoceno Superior-Mioceno basal sobre el Eoceno. Por el contrario, se observa una discordancia muy franca de las margas (conglomeráticas en la base) del Mioceno Inferior implicado en la tectónica de escamas, sobre el Senoniense, al Norte de Mula. Y de otra parte, la formación roja superior, terrígena y continental, discordante a su vez sobre el conjunto de escamas, ha dado, en uno de los niveles de margas junto al cementerio de Mula, fauna que cuanto más moderna es Mioceno Inferior. De este modo, las dos discordancias más importantes en la Unidad de Mula son de edad intramiocena basal e intramiocena inferior a Helvetiense, y no intraoligocena, como pudiera parecer de confundir las facies rojas oligocenas con las facies rojas miocenas, lo que es bastante fácil por otra parte.

La *Depresión Tortoniense-Andaluciense* presenta una estructura simple y sencilla en su conjunto, no obstante las discordancias internas intratortonienses e intraandalucienses antes expresadas, reflejo de la acción de fases orogénicas tardías, de carácter más o menos local. Las discordancias intratortonienses pudieran deberse simplemente a los reajustes finales de acomodación de las masas alloctonas, es decir, debidas a esfuerzos de compresión, pero que habrían sido originados por la acción de reajustes gravitatorios de las masas sobre las que se apoyan los bordes de la depresión Mioceno Superior. En la Sierra de Cajal, estos esfuerzos locales han dado lugar, inclusive, a inversiones de la parte basal de la serie del Tortoniense.

En relación con estos movimientos de reajuste gravitatorio hemos podido constatar un fenómeno curioso y muy ilustrativo de deslizamiento del Keuper y, en parte, de resedimentación del mismo. En efecto, al sur de la Sierra de Cajal, siguiendo la rambla existente entre el Collado de la

Sierra Grande (al O.) y el Caserío de Patruena (al E.), se observan, en los cortes favorables de la masa del Keuper más meridional entre estos dos puntos: 1.<sup>º</sup>) al aspecto de remoción general de la masa, bien manifiesto en que el yeso se dispone en bolos de diferente tamaño bien rodados; y en la pérdida parcial del color del Keuper, habitualmente rojo, que se presenta negro en este caso; 2.<sup>º</sup>) en la misma rambla se observa que el Keuper se encuentra, sin raíz diapírica, siempre perfectamente encima de las margas tortonienses. Lo que se corrobora también en los puntos no recubiertos del contacto del conjunto, si se rodea la mancha del Keuper; 3.<sup>º</sup>) en la parte oriental de esta mancha del Keuper, en las inmediaciones de un horno de yeso próximo al Caserío de Patruena, se puede constatar bajo el Keuper un pequeño afloramiento de las capas rojas del Senoniente.

Siguiendo la misma rambla, más al Norte, se encuentra otro afloramiento del Keuper. Las margas tortonienses que se encontraban bajo el Keuper de la mancha meridional, se encuentran en esta ocasión discordantes sobre el nuevo afloramiento de Keuper, que a su vez está mecánicamente encima de los niveles de margas tortonienses sobre el contacto septentrional de ambos materiales. El aspecto de remoción de este último afloramiento del Keuper es semejante al anterior.

Este conjunto de observaciones permite suponer que la mancha más septentrional del Keuper se ha deslizado durante el Tortoniano, desde la vertiente sur de la Sierra del Ricote.

Por el contrario, no es seguro si el deslizamiento gravitatorio de la mancha meridional fue intratortoniense o mucho más reciente, pero en todo caso sí parece claro su origen por deslizamiento gravitatorio semejante al anterior. Las capas senonenses que se encuentran bajo este Keuper son un testigo más de que la mancha del Keuper se ha deslizado desde la vertiente sur de la Sierra del Ricote, donde el amasijo entre Keuper del Subbético interno y las capas del Subbético externo es bien patente.

El conjunto de observaciones descritas permite desechar la idea de un diapirismo del Keuper rompiendo, al ascender, las margas tortonienses. Asimismo, se puede desechar completamente cualquier hipótesis que pretenda una aloctonia desde el Sur, y posterior al Tortoniano, de estas manchas del Keuper. Estas, sí son aloctonas, pero conjuntamente con el Subbético, y previamente a estos «deslizamientos de ladera submarinos» intratortonienses. En Archena y otros puntos ocurre algo semejante.

Por el contrario, entre Archena y Ojos, sí parece haber sucedido diapirismo del Keuper sobre las margas tortonienses. Pero, en todo caso, este Keuper diapírico sería también el del Subbético interno que ha corrido previamente sobre el Subbético externo.

El color negro del Keuper resedimentado se debería a procesos de reducción del Fe<sup>+++</sup> en el mar tortoniense.

## 5 GEOLOGIA HISTORICA

La Paleogeografía del Jurásico del Subbético externo no puede establecerse por falta de afloramientos. En la Unidad de Mula se desconoce la evolución de la cuenca en todos los términos anteriores al Senoniense. En la Sierra de Manzanete sólo se conocen los términos basales del Jurásico, análogos a los del Subbético interno. En el Subbético interno, por el contrario, se conoce bien el conjunto de la serie desde el Triásico hasta el Neocomiense.

Durante el Trías la sedimentación es continental, de tipo evaporítico en el Keuper, y con episodios marinos de esa profundidad durante el Muschelkalk. Se desconocen estos términos en el Subbético externo, pero la similitud de las facies entre el Subbético interno y el Prebético permite asegurar cierta uniformidad en las características del depósito.

La regresión marina del Keuper culmina con el depósito de masas de yeso y dolomías primarias de la facies réthica (s.l.), del Subbético interno.

Durante el Lias Inferior la sedimentación parece comenzar con el depósito de dolomías primarias. Durante el Pliensbachiente se manifiesta ya muy bien la influencia del mar abierto, si bien aún de escasa profundidad, sobre un depósito calizo frecuentemente oolítico. La subsidencia y la profundidad del mar aumenta en general durante el Toarciente-Aaleniente, aunque no por igual en los distintos sectores del Subbético interno. Al NE. de la Sierra del Ricote la subsidencia es máxima, y mínima al Sur. Esta característica de umbrales y surcos de distinta subsidencia, con cambios rápidos de espesor, es una de las constantes más notables del Subbético interno a escala regional en las distintas transversales. Durante el Toarciente se inicia la sedimentación en ambiente pelágico. En este intervalo Toarciente-Aaleniente tiene lugar un resquebrajamiento del zócalo procurando la salida de magma básico, manifiesta en las erupciones de basaltos submarinos. Posiblemente exista una relación entre estas fracturas de zócalo y la existencia de umbrales antes señalada, aunque en la génesis de estos últimos pudo influir también la halocinesis del Keuper.

Desde el Aaleniente al Titónico predomina la sedimentación de calizas con sílex, sin duda en relación con la proliferación de Radiolarios, que a su vez encontrarían condiciones óptimas para su desarrollo con el enriquecimiento en silice debido al volcanismo submarino. Desde el Kimmeridgiense al Titónico tiene lugar el depósito de las radiolaritas verdes y rojas.

En el Oxfordiense Superior y en el Titónico, el depósito de calizas nodulosas rojas con Ammonites, parece circunscribirse a las partes más elevadas de la cuenca, zonas de umbral relativo, pues el carácter litológico

desaparece lateral y rápidamente hacia donde se interpreta un aumento de la profundidad.

Durante el Neocomiense prosigue la sedimentación pelágica de margas con *Ammonites* en el Subbético interno (debe recordarse que también mucho más al Norte, sobre el mismo Prebético, tuvo lugar este tipo de sedimentación gracias a una amplia transgresión neocomiense). Sobre las margas neocomienses de la Sierra del Ricote, en su parte meridional, parece haberse depositado directamente el Senoniense (la relación no es muy clara, pues el contacto podría interpretarse como tectonizado, con reservas, debido al recubrimiento circundante). En caso afirmativo, habría que admitir una interrupción de la sedimentación durante la mayor parte del Cretácico, en el *Subbético Interno*.

Durante el Albienense, la sedimentación del Subbético externo es margosa, pelágica con *Ammonites*, pero también con intercalaciones de terrígenos silíceos, areniscas que si bien en la Hoja de Mula resultan intercalaciones eventuales, aumentan su frecuencia e importancia hacia el Norte en las Hojas de Calasparra, Cieza, Moratalla, etc. Estos terrígenos se han depositado indudablemente en un ambiente pelágico, con marcada lejanía de costa, por lo que dada su procedencia desde áreas fuentes más septentrionales, debieron intervenir posiblemente en su acarreo las corrientes marininas o de turbidez. Por datos regionales de conjunto, los aportes de estos terrígenos silíceos parece que disminuyeron progresivamente desde las capas más antiguas del Albienense hacia las más modernas. La sedimentación margosa con microfacies pelágica prosigue durante el Cenomaniense Inferior.

Durante el Cenomaniense Inferior-Santoniense prosigue la sedimentación pelágica, con una formación de margocalizas blancas que intercala niveles de sílex negro. En las series más septentrionales del Subbético externo (Hojas de Cieza y de Calasparra), esta formación con sílex negro llega hasta el Campaniense Medio. En uno y otro caso, sucede a esta sedimentación la de una formación de «capas rojas», que al Norte no pasan del Paleoceno, mientras que al Sur se ha podido constatar que llegan hasta el Luteciense Inferior. Todos estos hechos confirman que los límites de separación de estas formaciones margocalizas son irregulares en el espacio y no perfectamente isócronos.

Durante el Eoceno, en ritmos alternados, sobre los sedimentos margosos sobrevienen avalanchas de terrígenos silíceos, proporcionando una sedimentación de tipo *flyschoide* en el *Subbético Externo*.

A la facies de capas rojas del Senoniense, en la *Unidad de Mula*, sucede una potente formación paleógena, bien caracterizada desde el Cuissiense hasta el Priaboniense Superior, por una alternancia de calizas nummulíticas de facies neríticas con potentes tramos de margas verdes y rojo

carmín, estas últimas frecuentes desde el Luteciense, ricas en foraminíferos planctónicos. Las características de conjunto abogan por una profundidad moderada, con mayor o menor lejanía o proximidad de costa, y una fuerte subsidencia, equilibrada por un ritmo de colmatación importante, sobre todo durante el Priaboniense Superior. Este tipo de sedimentación recuerda el del Luteciense de las series prebéticas de la Garrapacha-Sierra de la Pila, con margas verdes y rosadas alternando con calizas nummulíticas arenosas (Hoja de Cieza), aunque la coincidencia no suponga proximidad paleogeográfica, sino simplemente repetición de un mismo ambiente.

Durante el Oligoceno Superior-Mioceno basal, sobre una sedimentación margosa marina con fauna planctónica, sobrevienen avalanchas de gravas y hasta grandes bloques de litologías variadas, entre las que se encuentran cuarzarenitas de facies «Buntsandstein», esquistos y pizarras que recuerdan los materiales del Bético s. estricto, etc. Se constituyó así un conglomerado de marcada influencia continental, pero en ambiente marino, que lateralmente desaparece permaneciendo solamente la matriz margosa pelágica. Esta formación es, no obstante su carácter terrígeno, peniconcordante, si no completamente concordante sobre el Eoceno. La presencia de estos bloques incluidos de facies metamórficas, aboga en favor de una proximidad paleogeográfica de la Unidad de Mula con el Bético s. estricto, y de una elevación con intensa erosión del mismo durante el Oligoceno Superior-Mioceno basal.

Durante el Mioceno Inferior tuvo lugar el plegamiento acentuado de la Unidad de Mula y la constitución de sus complicadas escamas. Posiblemente antes de haber finalizado el Mioceno Inferior, se inició el depósito de la formación roja continental representada en el cementerio de Mula.

La llegada de los mantos subbéticos a su frente actual hacia el Norte, en las Hojas de Moratalla, Calasparra y Cieza, tuvo lugar durante el Helvetiense Superior. Los niveles más antiguos de la formación «postmantos» en aquellas regiones y, localmente también en la base del Mioceno de la Sierra de Cajal, en la Hoja de Mula, parecen pertenecer aún al Helvetiense. No obstante, la mayor parte de las formaciones miocenas postmantos se depositaron durante el Tortoniense-Andaluciense.

Los movimientos orogénicos no finalizaron hasta después del Andaluciense, como muestran las frecuentes discordancias intratortonienses en estas regiones y, asimismo, las más localizadas del Andaluciense en la Hoja de Mula.

La retirada definitiva del mar del área que ocupa la Hoja de Mula debió suceder durante el Plioceno, aunque durante el Andaluciense debieron alzarse ya algunas zonas próximas al Sur, sobre las que actuarían fuertemente los agentes erosivos.

## 6 GEOLOGIA ECONOMICA

### 6.1 HIDROGEOLOGIA

Las características hidrogeológicas de la Hoja de Mula no son suficientemente favorables para la obtención de importantes recursos de aguas subterráneas. La unidad que en otras circunstancias tectónicas hubiera sido prometedora, el *Subbético Interno*, se encuentra completamente colgada sobre el plano de su corrimiento sobre facies margosas, y drenada a la altura del mismo sobre la superficie de la red hidrográfica actual.

### 6.2. GEOLOGIA DEL PETROLEO

Por los mismos motivos, el *Subbético Interno* de la Sierra del Ricote no presenta interés para la investigación de Hidrocarburos.

Lo contrario puede decirse del *Subbético Externo* y Unidad de Mula, cuya cobertura margosa del Cretácico Superior es un buen sello para la conservación de posibles trampas. No obstante, la investigación sería compleja.

### 6.3 MATERIAS PRIMAS PARA LA CONSTRUCCION Y FABRICACION DE CEMENTOS

Las facies calizas y margocalizas del Jurásico de la Sierra del Ricote presentan un interés óptimo para la posible fabricación de cementos.

Las ofitas y basaltos no se presentan por lo general en masas de interés canterable.

Los yesos réthicos de la vertiente sur del Ricote sí presentan masas de interés para posibles canteras. No así los del Keuper, muy diseminados en este caso.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1955).—«Mapa geológico de España, Hoja de Mula, n.º 912, Murcia». I.G.M.E., Madrid.
- BLUMENTHAL, M. (1933).—«Sur les relations tectoniques entre les zones bétique, pénibétique et subbétique du SW. de l'Andalousie». C. R. Ac. Sc., tomo 197, p. 1.138.
- BRIKmann, R., y GALLWITZ, H. (1933).—«Der betische Aussenrand in Süd-Oste Spanien». Beitr. Geol. Westl. Mediter., n.º 6, p. 108, Berlin.

- DURAND DELGA, M. (1960).—«Introduction à la séance sur les Cordillères Bétiques». *Bull. Sc. Géol. France* (7), t. III, pp. 263-266, París.
- FALLOT, P. (1948).—«Les Cordillères Bétiques». *Est. Geol.*, n.º 8, pp. 83-172, Madrid.
- FONTBOTE, J. M., y QUINTERO, I. (1960).—«Lavas almohadilladas (pillow-lavas) en los afloramientos volcánicos de la transversal de Iznalloz-Jaén (Cordilleras Béticas)». *Not. y Com. I.G.M.E.*, n.º 60, pp. 85-90, Madrid.
- FOUCAULT, A. (1971).—«Etude Géologique des environs des Sources du Guadalquivir (Provinces de Jaén et Grenade, Espagne meridionale)». *Fac. Sc. de Paris*, Tesis, p. 633.
- JEREZ MIR, L. (1973).—«Geología de la Zona Prebética en la transversal de Elche de la Sierra y Sectores adyacentes». Tesis Doctoral. Departamento de Estratigrafía. Universidad de Granada.
- PAQUET, J. (1969).—«Etude Géologique de l'Ouest de la Province de Murcie Espagne». Tesis Doctoral. *Mém. Soc. Géol. France*, Nouv. sér., t. 48, París.
- SAN MIGUEL DE LA CAMARA, M., y PEDRO HERRERA, F. (1944).—«Afloramientos de fortunita en Puebla de Mula (Murcia)». *Not. y Com. I.G.M.E.*, número 33, pp. 3-24, Madrid.
- VAN VEEN, G. W. (1969).—«Geological investigations in the region west of Caravaca. South-Eastern Spain». Tesis Doctoral, Utrecht.

**INSTITUTO GEOLOGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA  
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3**



**SERVICIO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA**