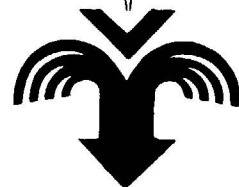


**Vegarada...**  
**y brotó el agua con fuerza!**  
**¡con potencia!**



**potente maquinaria  
 en  
 manos expertas.**



**Vegarada**  
 perforaciones

parque de las naciones • c/ guzmán el bueno, 121  
 tel. 2534200 • madrid - 3.

**CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS.**

**TOMO LXXXI**  
**Fascículo VI**

**NOVIEMBRE - DICIEMBRE, 1970**

**Revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.ª serie**

# boletín geológico y minero

## INDICE

PÁGINAS

### Geología

I. QUINTERO AMADOR, C. CASTELLS LÓPEZ y J. ESPINOSA GODOY: Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Triás Alpujarride en la Sierra de Cartagena ... ..	1
M. J. FERNÁNDEZ CASALS y R. CAPOTE DEL VILLAR: La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago del Lozoya ... ..	4
T. J. DE TORRES PEREZHIDALGO: Un caballo microdonte del Pleistoceno medio de Vizcaya ... ..	11
N. LLOPIS LLADÓ, M. A. DE SAN JOSÉ LANCHÁ y P. HERRANZ ARAÚJO: Nota sobre una discordancia posiblemente precámbrica al SE. de la provincia de Badajoz y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes.	28
F. ALDAYA: Pliegues triásicos en la Sierra de Lújar, zona bética, provincia de Granada (Nota preliminar) ... ..	35

### Minería

R. ALVAREZ RODRÍGUEZ: Estudio de minerales en granos: identificación microquímica de titanio y circonio ... ..	43
--	----

### Geología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica

A. MARTÍN y L. GARCÍA-ROSSELL: Uranio y Renio en rocas sedimentarias. I. Lignitos de Arenas del Rey (Granada) ... ..	45
--	----

### Estudio de minerales y rocas

P. FENOLL HACH-ALI y J. L. MARTÍN VIVALDI: Estudio cristalográfico de granates de facies metamórficas de Sierra Nevada ... ..	56
J. GONZÁLEZ MARTÍNEZ, P. FENOLL HACH-ALI y J. L. MARTÍN VIVALDI: Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Triás Alpujarride ... ..	62

### Información

Nuevas perspectivas de la Investigación geológica y Minera de España. —Mapa litológico de España Peninsular e insular. —Noticias. —Estadística y Economía. Información legislativa. —Notas bibliográficas. Sección informativa de revistas ... ..	72
Indices del tomo LXXXI ... ..	103

EDITADA POR EL  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
 RÍOS ROSAS, 23. MADRID-3 (ESPAÑA)

### COMISION DE REDACCION

- ELA SAMPER, Antonio.**  
 Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- RADO ARRILLAGA, Manuel María.**  
 Instituto Geológico y Minero de España (Geología).
- GUREN SABAS, Félix.**  
 Servicios Generales. Ministerio de Industria.
- RAND Y BERTRAND, Carlos.**  
 Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.
- D SOPENA, José Antonio.**  
 Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.
- OS FIGUEROLA, José.**  
 Instituto Geológico y Minero de España.
- AFONT PAIRO, Miguel.**  
 Facultad de Ciencias de Barcelona.
- SCH SUNDHEIM, Jorge.**  
 Instituto Geológico y Minero de España (Minería).
- OTE, José María.**  
 Facultad de Ciencias de Granada.
- R CASAS, José María.**  
 Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Lógicas.
- Z CAÑERO, Augusto de.**  
 Instituto Geológico y Minero de España (Aguas).
- Z ANGULO, Juan Antonio.**  
 Instituto Geológico y Minero de España.
- DE PABLOS, Manuel.**  
 Instituto Geológico de Obras Públicas. Madrid.
- MELENDEZ-PACHECO, Francisco.**  
 Instituto Nacional de Ciencias Naturales.
- DE AZCONA, Juan Manuel.**  
 Comisión Nacional de Geología.
- MELENDEZ Y MELENDEZ, Bermudo.**  
 Universidad de Madrid.
- RO MARTIN, Francisco.**  
 Facultad de Ciencias de Madrid.
- VIUDAS, Andrés.**  
 Instituto Nacional de Colonización.
- ERRANO, Carlos.**  
 Instituto de Minería y Metalurgia.
- PONDAL, Isidro.**  
 Laboratorio Geológico de Lage. La Coruña.
- FE, Francisco.**  
 Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.
- DERIU, Oriol.**  
 Universidad de Barcelona.
- ARCIA, José María.**  
 Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- ARCIA, Clemente.**  
 Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Químicas.
- BARIS, Luis.**  
 Instituto Nacional de Geología. Barcelona.
- RODON, Carmina.**  
 Facultad de Ciencias de Madrid.

REDACTOR JEFE  
 LUIS BADILLO DIEZ

El Instituto Geológico y Minero de España  
hace presente que las opiniones y hechos  
consignados en sus publicaciones son de la  
exclusiva responsabilidad de los autores  
de los trabajos.

---

Los derechos de propiedad de los trabajos  
publicados en esta obra fueron cedidos por  
los autores al Instituto Geológico y Minero de  
España.

Queda hecho el depósito que marca la Ley.

---

#### EXPLICACION DE LA PORTADA

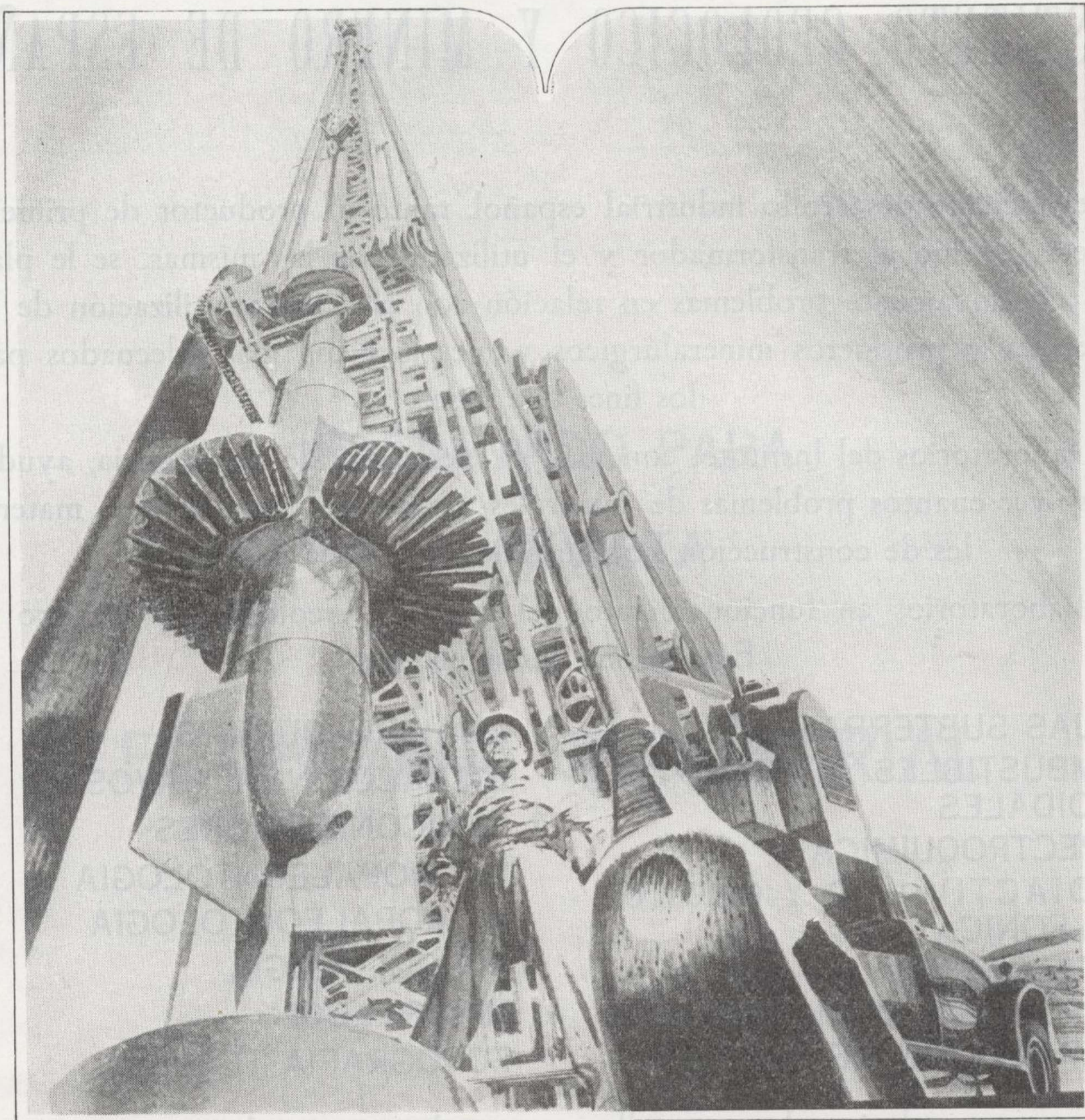
Pizarras arenosas replegadas en las cercanías de Llansá (Gerona)  
(Foto: División de Geología del I.G.M.E.)

Depósito Legal M. 3.279.-1958

---

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCÍA MORATO, 122, TELÉFONO 233 OÓ 19.—MADRID

**Vegarada...**  
**y brotó el agua con fuerza!**  
**¡con potencia!**



**potente maquinaria  
en  
manos expertas.**



**Vegarada**  
perforaciones

parque de las naciones • c/. guzmán el bueno, 121  
tel. 2534200 • madrid - 3.

**CON LA EXPERIENCIA DE MAS DE 250.000 METROS PERFORADOS**

## Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Trías Alpujárride en la Sierra de Cartagena

por I. QUINTERO AMADOR, C. CASTELLS LOPEZ y J. ESPINOSA GODOY

### RESUMEN

Se ha descubierto en Cartagena (Murcia) un interesante, por su rareza, yacimiento fosilífero. Hay en él diversas *Myophoria* y una estrella de mar, hallada por primera vez en el Trías de las Alpujarras.

### ZUSAMMENFASSUNG

Im Cartagena (Murcia) wurde eine seiner Seltenheit wegen sehr interessante Fossilienlagerstätte gefunden. Es gibt dort verschiedene *Myophoria* und einen Seetern, der zum ersten Mal im Gebiet des alpujarridischen Trias gefunden worden ist.

Durante los estudios geológicos llevados a cabo durante el año 1969 en la Reserva estatal para plomo y zinc del Sur de Murcia, en la Sierra de Cartagena, se ha encontrado un yacimiento fosilífero de importancia extraordinaria, dada la carencia casi absoluta de fauna fósil en los terrenos béticos, a los que pertenece. La fortísima tectónica de mantos de corrimiento experimentada por todos los terrenos triásicos de Sierra Nevada, Las Alpujarras, Sierra de Los Filabres, Sierra de Cartagena y demás cadenas del Sureste español, ha ocasionado una ausencia casi total de fósiles en toda la zona.

El yacimiento que nos ocupa está situado en Sierra Gorda, al Este de Cartagena, entre esta ciudad y el pueblo de Alumbres. Si se sigue la pista militar abandonada que asciende por la ladera septentrional de la sierra hasta llegar a un antiguo fortín militar, que se encuentra situado en su vértice más alto, en una curva muy cerrada de la misma, que hay hacia la cota 250 m., en la que quedan restos de unos trabajos de excavación, probablemente para fortificaciones castrenses, aparecen unos bancos de calizas tableadas, muy delgadas y casi hojosas, que buzan hacia el Nordeste, en las que hemos encontrado los fósiles que nos ocupan. Se han hallado diversos lamelibranquios y, por primera vez en el Trías Alpujárride, un estelérico. En

las fotos que ilustran este trabajo pueden verse con todo detalle los citados fósiles.

Las muestras recogidas para su estudio y clasificación consisten en calizas dolomíticas con una extraordinaria abundancia de lamelibranquios de ornamentación concéntrica y quillas. Estas lumacelas recuerdan el Muschelkalk por la gran cantidad de *Myophorias* que contienen. Dichas *Myophorias* son difícilmente clasificables por cuanto sus características aparecen poco nítidas.

La ausencia de otros géneros tales como las *Nuculas* y las *Naticas* gregarias nos induce a sospechar que su atribución al Muschelkalk no podía ser correcta. El único fósil reconocible, la *Myophoria* y quizás el *Myophoriopsis*, se presenta tanto en dominios epicontinentales como en el ámbito de geosinclinal, por lo que este género ubiquista no puede tomarse como representativo únicamente del Trías germánico, aunque presente el aspecto de una fauna gregaria. En alguna de las muestras estudiadas se observa una semejanza con la *Myophoria Kefersteini*, Münster, análoga a ciertas variedades de la misma, correspondientes al Trías alpino de St. Cassiano, por lo que consideramos estos niveles como del Carniense-Noriense, aunque con bastantes reservas debido a su mala conservación.

En dos muestras pulidas se han podido estudiar



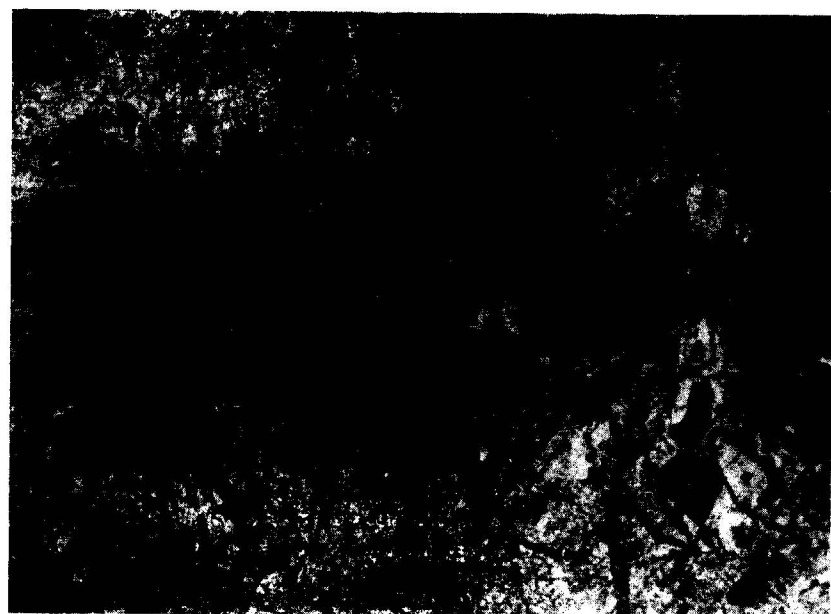
Fot. A.—Caliza de Sierra Gorda.  
 Myophoria cf. Kefersteini, Münster.  
 Myophoriopsis sp.

1,25 x  
 ¿Carniense-Noriense?  
 Triásico



Fot. B.—Caliza de Sierra Gorda.  
 ¿Trychasteropsis sp.?

1,5 x  
 Triásico



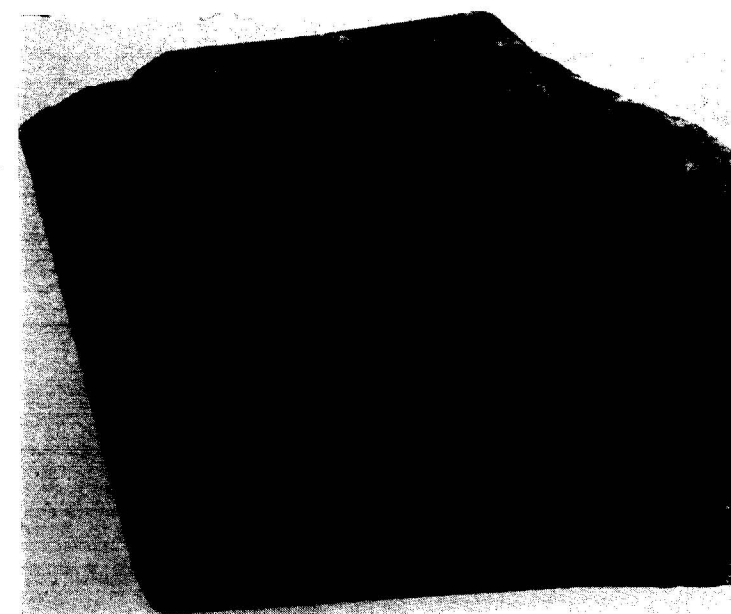
Fot. A.—Caliza de Sierra Gorda.  
Myophoria cf. Kefersteini, Münster.  
Myophoriopsis sp.

1,25 x  
¿Carniense-Noriense?  
Triásico



Fot. B.—Caliza de Sierra Gorda.  
¿Trychasteropsis sp.?

1,5 x  
Triásico



Fot. C.—Caliza de Sierra Gorda.  
Myophoria cf. Kefersteini, Münster.  
Myophoriopsis sp.

1,1 x  
¿Carniense-Noriense?  
Triásico

las charnelas, que nos parecen del tipo Schizodonte, correspondientes al género Myophoria.

En Sierra Gorda se estudió un estelérido que consideramos una novedad en los niveles mencionados. Sus características están casi por completo borradas, pero nos parece que se trata de un Euasteroide de la serie Cryptogonia con placas marginales no diferenciadas. Por la truncadura de los brazos podría tratarse del género Trichasteropsis.

Faunas similares a las de Sierra Gorda, es decir, Myophorias, se han encontrado también en otros puntos de la Reserva, tales como El Pino y Cresta del Gallo, pero sin llegar a constituir verdaderos yacimientos como el que acabamos de estudiar. Todas ellas pertenecen al Carniense-Noriense.

Recibido: 15-X-1970.



Fot. C. — Calíza de Sierra Gorda.  
*Myophoria* cf. *Kefersteini*, Münster.  
*Myphoriopsis* sp.

1,1 x  
¿Carniense-Noriense?  
Triásico

# La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago del Lozoya

por M. J. FERNANDEZ CASALS, y R. CAPOTE DEL VILLAR (\*)

RESUMEN

En la región de Buitrago de Lozoya se encuentra representada una serie basal, de edad probablemente precámbrica (Formación de La Morcuera), a la que se superponen un posible Cámbrico de gneises con para-amfibolitas y micaesquistos y una serie ordovícica constituida por cuarcitas en la base y una potente sucesión de esquistos azulados.

Estas series se encuentran afectadas por un metamorfismo regional progresivo y una fuerte migmatización en las partes más profundas.

El plegamiento del conjunto, anterior al Estefaniense y con una dirección predominante N.-S., se desarrolló en tres fases, de las cuales las dos primeras son las más importantes, y dieron lugar a la formación de esquistosidad y foliación. El metamorfismo comenzó en la primera fase y se prolongó hasta después de la segunda.

ABSTRACT

Around Buitrago del Lozoya (province of Madrid, Spain) is represented a basal serie, probably Precambrian (La Morcuera Formation); over it there is a possible Cambrian serie formed by gneiss with para-amphibolites and micaeous schists. Upon it an Ordovician serie with quartzites in the base and a thick formation of blue schists.

These series are affected by a progressive regional metamorphism and a vigorous migmatization in the deepest zones.

The general folding is pre-Stephanian and predominantly N.-S. in trend. It took place in three phases; the first two were the most important and produced schistosity and foliation. Metamorphism started in the first phase and lasted after the second one.

En esta nota se expone un avance de alguno de los resultados hasta ahora obtenidos en una de las zonas que desde hace dos años los autores vienen investigando en la realización de sus tesis doctorales.

Dicha zona se encuentra situada en la región de contacto entre las rocas cristalinas del Guadarrama y los materiales de Somosierra, cuya edad ha sido reconocida desde antiguo como paleozoica.

1. ESTRATIGRAFÍA

Los materiales de la zona estudiada se encuentran afectados por un metamorfismo regional pro-

(\*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Cátedra de Geodinámica Interna. Universidad de Madrid.

gresivo, que va desde facies epizonales al Este a facies meso y, sobre todo, catazonales de toda la parte centro y Oeste de la misma.

Las asociaciones minerales encontradas en la extremidad oriental parecen corresponder a un metamorfismo de alta presión, semejante al que G. Schäfer (17) describe más al Este, en la región comprendida entre La Hiruela y Hiendelaencina. Sin embargo, la presencia de minerales de alta temperatura al Oeste (10) parece indicar un cambio progresivo del tipo de gradiente metamórfico, en el sentido de aumentar hacia el Oeste el factor temperatura con respecto al de presión.

Se encuentran en la región abundantes pruebas de la existencia de un retrometamorfismo (sericitización de plagioclasas, cloritización de micas, etcétera).

Se han podido distinguir los siguientes conjuntos litoestratigráficos:

1.1. Gneises de La Morcuera

Es una formación compleja de gneises, fundamentalmente glandulares, que aflora extensamente en toda la parte occidental de la zona (fig. 1), prolongándose todavía mucho más fuera de ella. Es la misma formación que aparece en la faja de El Escorial-Robledo de Chavela y en las regiones de Ojos Albos y Barco de Avila.

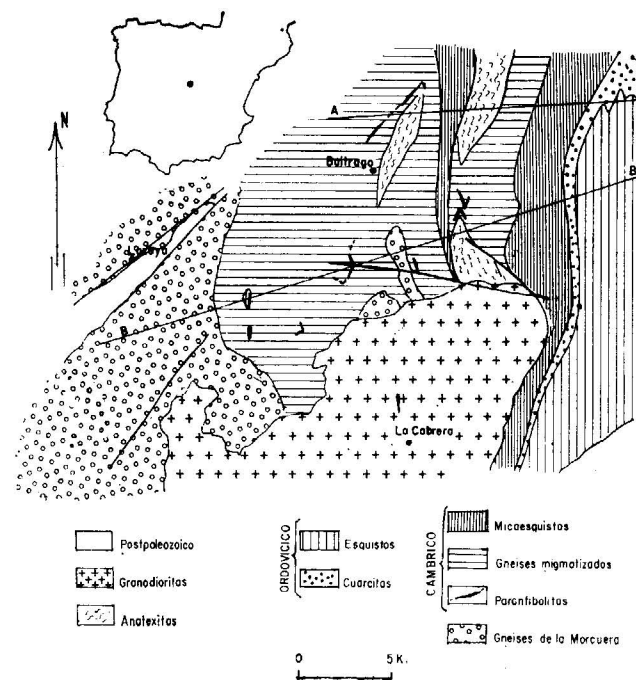


Fig. 1.—Esquema geológico de la región de Buitrago del Lozoya.

Dominan los gneises ocelares biotíticos, cuyos porfiroblastos de feldespato tienen un tamaño que oscila entre 3 y 5 cm., alcanzando en ocasiones hasta 8 cm. Generalmente la foliación es neta, pero las facies más gruesas pierden todo su carácter planar.

Algunos de estos gneises ocelares presentan un aspecto porfiroide (fig. 2), análogo al del «Ollo de Sapo» (16), e incluso hacia el techo de la formación se intercalan gneises porfiroides finos (fig. 3) equiparables a la facies fina «Ollo de Sapo».

Se incluyen también en esta formación de La Morcuera posibles ortogneises glandulares que engloban enclaves básicos estirados y concordantes con la foliación del gneis.

El paso de todo este conjunto a la siguiente formación se realiza a través de unas intercalaciones de gneises ocelares y gneises bandeados biotíticos.

1.2. Gneises bandeados biotíticos y gneises de dos micas

Es una potente serie de gneises, generalmente biotíticos y sillimaníticos, con almandino en ocasiones, y cuya proporción de feldespato (plagioclasa y microclina principalmente) es muy variable, aunque en general se observan las facies más esquistosas y menos feldespáticas hacia el techo. Se encuentran fuertemente migmatizados, hecho que dificulta la caracterización de facies sobre el campo.

Hacia el techo pasan a gneises con dos micas, al hacerse patente la presencia de moscovita en mayor o menor proporción.

1.3. Para-amfibolitas

Se presentan de manera discontinua como bancos intercalados hacia el techo de la formación anterior. De textura granonematoblástica, poseen en ocasiones una foliación neta, con bandas de distinta composición mineralógica, en algunas de las cuales hay muchos granates, presentes en general en proporción variable. Además, poseen normalmente hornblenda, plagioclasa, apatito, esfena y epidota, pero a veces, en lugar del anfíbol, domina el clinopiroxeno (diópsido).

1.4. Micaesquistos de dos micas

De los gneises de dos micas se pasa gradualmente a una serie de esquistos de moscovita-biotita, con frecuencia almandínicos y, hacia el techo, estaurólíticos.

Presentan abundantes intercalaciones granoblásticas cuarcíticas, en ocasiones en ritmo flysch. Se

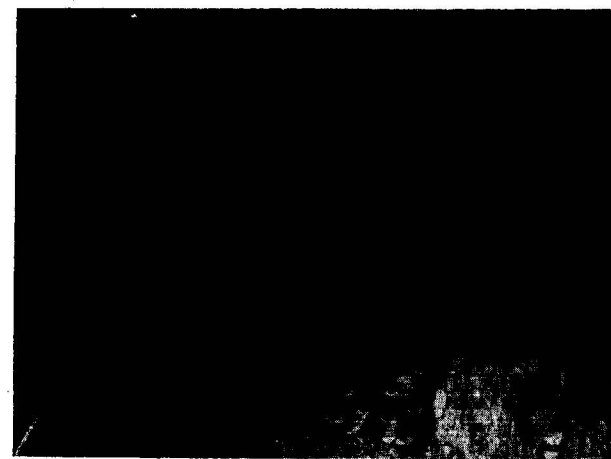


Fig. 2.—Gneises ocelares porfiroides gruesos («Ollo de Sapo»). Cerro Espartal.





Fig. 2.—Gneises ocelares porfiroides gruesos («Olló de Sapo»).  
Cerro Espartal.

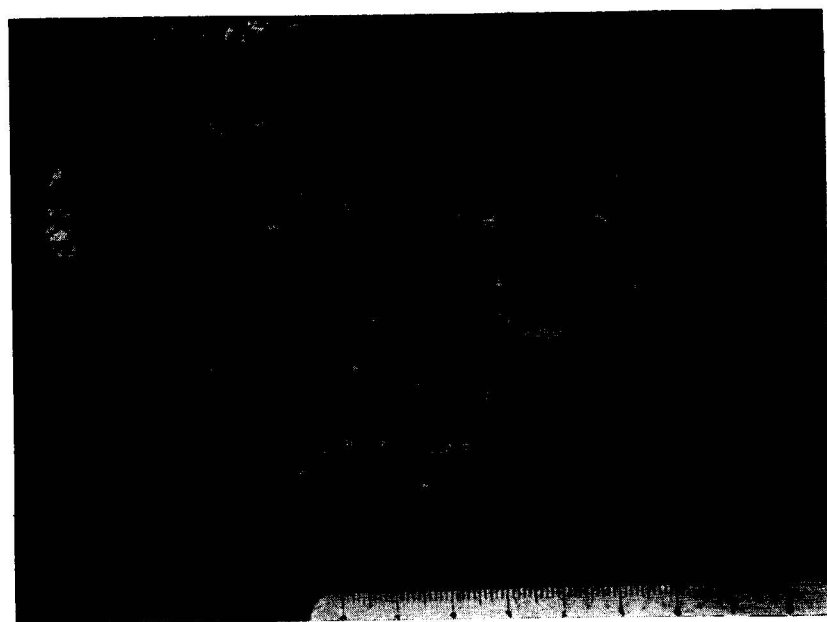


Fig. 3.—Gneises porfiroides finos de la formación de La Morcuera. Carretera de Lozoyuela a Rascafría.

encuentran también intercalaciones de gneises leucocratos, con plagioclasa, moscovita y cuarzo y, a veces, como subordinados, biotita y almandino, los cuales representarían posiblemente niveles de metaarcosas.

#### 1.5. Cuarzitas

Sobre la serie de esquistos se superpone un tramo de cuarzitas blancas y grises que alternan con esquistos. En esta formación se ha citado (4) la presencia de Cruzianas al Norte de El Atazar.

#### 1.6. Esquistos epimetamórficos y pizarras azuladas

La serie visible en esta región termina con una potente formación de sericitoesquistos, que progresivamente pasan a unas pizarras azuladas con muy escaso metamorfismo. Toda esta serie, de aspecto muy monótono, se extiende hacia El Atazar, formando un gran sinclinal y, por encima de ella, no se encuentran en la zona otros materiales, aunque hacia el Este, en la extremidad oriental del Sistema Central, existen Silúrico y Devónico con fósiles.

#### Edad de estas formaciones

La presencia de Cruzianas en El Atazar y la continuidad con las cuarzitas de Alto-Rey de G. Schä-

fer (17), nos hace atribuir la formación 5, de cuarzitas, al Ordovícico inferior y los esquistos que se le superponen al Ordovícico medio, sin poder precisar si se pasa o no al Ordovícico superior.

Con respecto a la serie preordovícica, nuestros únicos puntos de apoyo son los siguientes:

- Posición concordante con la cuarzita ordovícica.
- Presencia de para-anfibolitas, que indican la existencia de capas carbonatadas, en un nivel muy constante de la serie.
- Posición basal de los gneises glandulares de La Morcuera, equivalentes al «Ollo de Sapo».

Estos tres hechos nos deciden a considerar como cámbricas a las series que van desde los gneises bandeados a los esquistos estaurolíticos, ambos inclusive.

Respecto a la edad de los gneises de la La Morcuera, creemos que se deben hacer equivalentes al «Ollo de Sapo», de posible edad precámbrica superior (16), pero no descartamos la posibilidad de que pudieran representar las capas basales del Cámbrico (15), pues la continuidad con los gneises bandeados es absoluta.

Los ortogneises podrían corresponder a intrusiones prehercínicas, pero posteriores al Cámbrico, pues en algunos afloramientos se ponen directamente en contacto con gneises biotíticos muy esquistosos del techo de la serie de gneises bandeados.

#### Migmatización

Las formaciones más bajas, antes descritas, están afectadas por una fuerte migmatización, la cual ha dado lugar a facies de las anatexitas y de las embrechitas. Se encuentran entre las primeras anatexitas y nebulitas (fig. 4), y entre las segundas embrechitas y epibolitas (fig. 5).



Fig. 4.—Nebulitas al N. de Paredes de Buitrago, en la carretera de Prádena del Rincón a El Berrueco. En el centro, vena aplítica con pliegues ptygmáticos.



Fig. 5.—Epibolitas. Km. 1,600, carretera de Lozoyuela a Rascafría. El neosoma, granítico, destaca entre el paleosoma, constituido por un gneis biotítico.

En los niveles más altos de los esquistos con biotita se ven frecuentemente leucosomas pegmáticos concordantes con la esquistosidad.

Hacia el Oeste son frecuentes las pequeñas ma-

sas dispersas de granitos, que aparecen en conexión con las migmatitas.

Al microscopio la migmatización se manifiesta por la existencia de una feldespatización general, siendo frecuentes los cristales de microclina que engloban enclaves de plagioclasa maclada y cuarzo.

#### 2. TECTÓNICA

La deformación en este área se ha realizado por debajo del frente superior de esquistosidad, desarrollando regionalmente foliación y esquistosidad de plano axial. La posición de este elemento planar es tumbada en las partes más profundas de la serie, pero hacia arriba, por encima del límite superior de la foliación, tiende a tomar una posición más cercana a la vertical.

Se ha reconocido la existencia de dos fases principales de deformación y una tercera de menor intensidad y mucho menos apreciable que las anteriores. Todas son más visibles en las partes superiores de la serie, menos metamórficas. En las zonas más profundas, y a pesar de las fuertes recrystalizaciones, se reconocen con claridad por lo menos dos de ellas.

#### Fase 1

En los esquistos epimetamórficos azulados, superiores a las cuarzitas ordovícicas, se manifiesta por una esquistosidad  $S_1$ , que es de flujo en la parte inferior de esta serie. Dicha esquistosidad se encuentra afectada por una crenulación debida a la fase 2.

Hacia abajo, y en las zonas donde la esquistosidad de flujo de la segunda fase se ha desarrollado con gran intensidad, la esquistosidad  $S_1$  se conserva en las inclusiones de los porfiroblastos de granate. La disposición recta de las inclusiones indica que el granate creció estáticamente sobre un fondo orientado según  $S_1$ . Posteriormente, la  $S_2$  giró los porfiroblastos, haciendo que los restos de  $S_1$  quedaran cruzados con respecto a  $S_2$  (fig. 6).

Se ha conservado también  $S_1$  como una esquistosidad marcada por porfiroblastos de biotita, que posteriormente fueron deformados por  $S_2$ .

En las zonas más bajas, los gneises presentan una foliación  $S_1$ , muy neta, plegada por la  $S_2$ .

La dirección de esta primera fase de plegamiento parece ser submeridiana, por lo que  $S_1$  llega a coincidir casi con  $S_2$  en algunos puntos, dificultándose así la distinción entre ambas.

La vergencia es hacia el Este, como se aprecia en el corte B de la fig. 7.

En las zonas profundas los pliegues se presentan acostados hacia el Este, mientras que en las más



Fig. 3.—Gneises porfiroides finos de la formación de La Morcuera. Carretera de Lozoyuela a Rascafría.

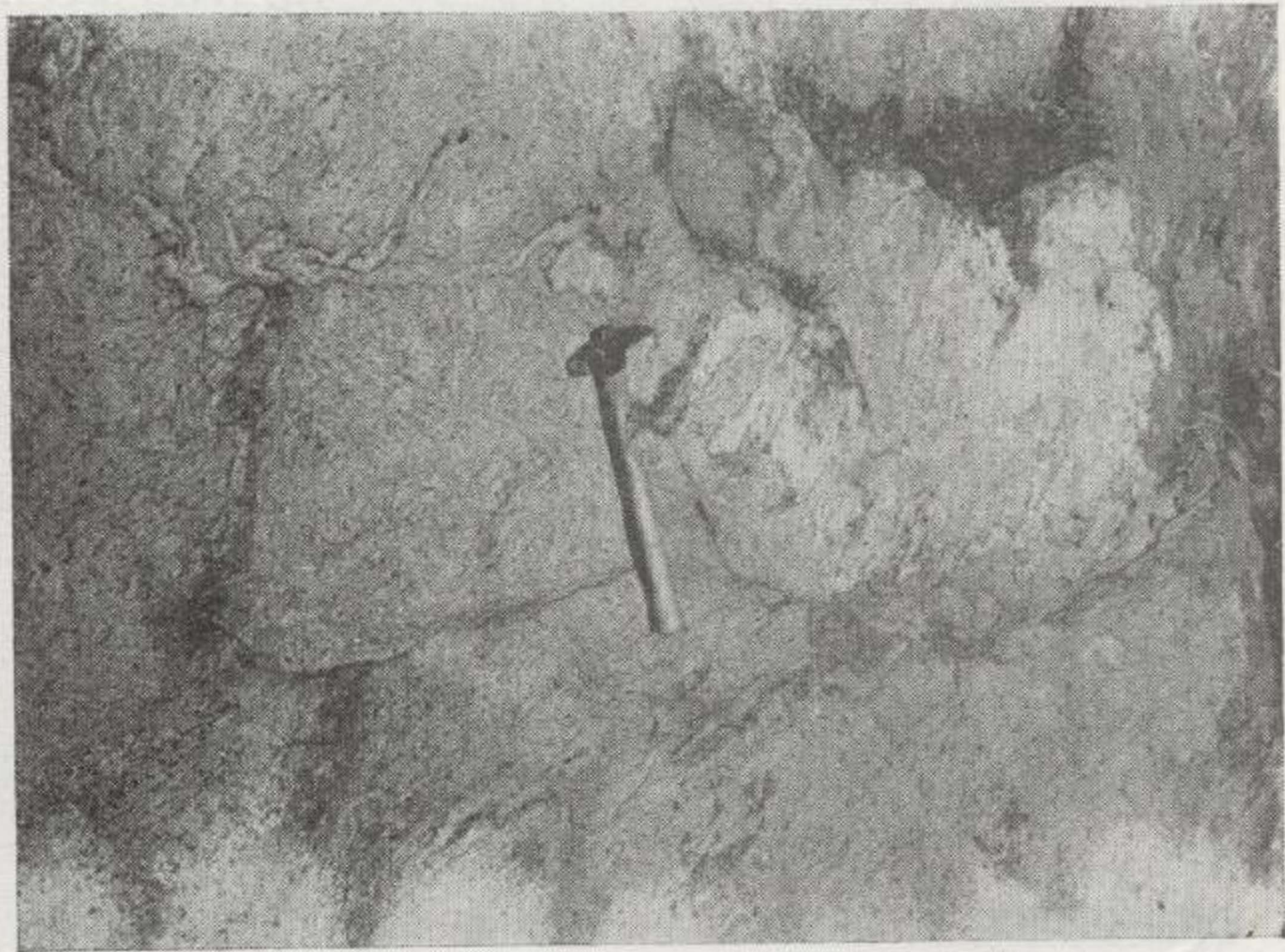


Fig. 4.—Nebulitas al N. de Paredes de Buitrago, en la carretera de Prádena del Rincón a El Berrueco. En el centro, vena aplítica con pliegues ptygmáticos.

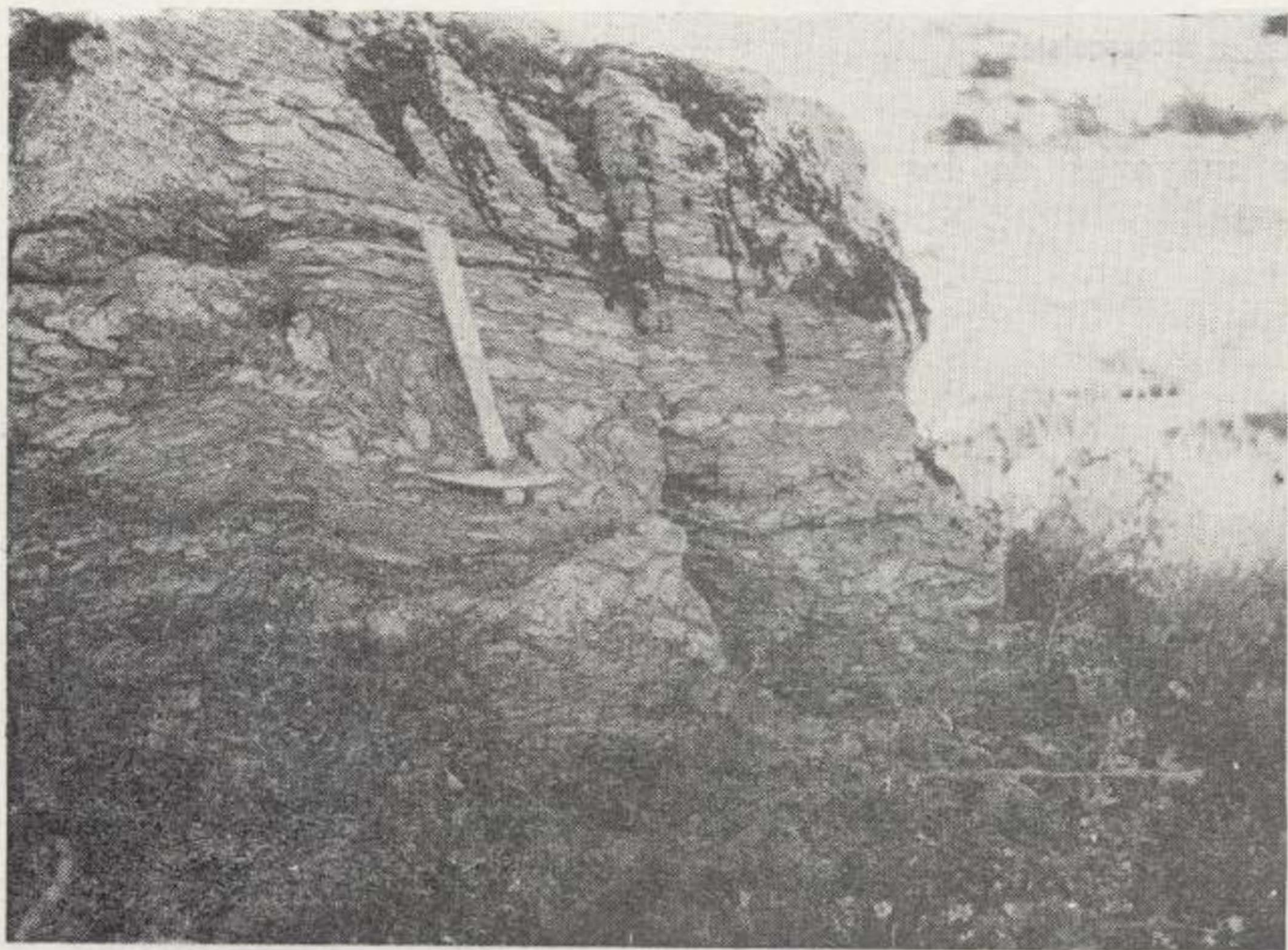


Fig. 5.—Epibolitas. Km. 1,600, carretera de Lozoyuela a Rascafría. El neosoma, granítico, destaca entre el paleosoma, constituido por un gneis biotítico.

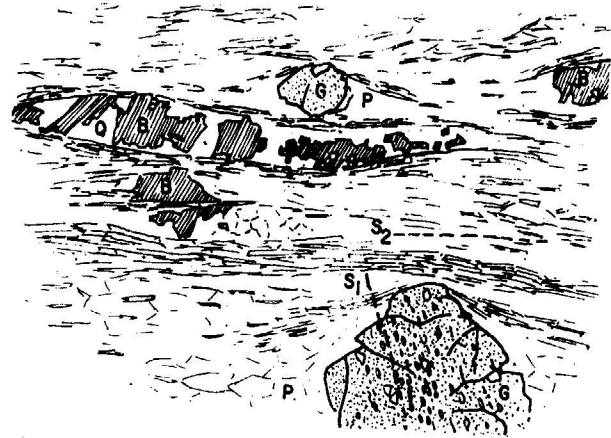


Fig. 6.—Estiramiento de los porfiroblastos de biotita en la esquistosidad  $S_2$  (esquistosidad de flujo pasando a foliación imperfecta), y giro de los de granate, dentro de los cuales se conserva la  $S_1$ . Esquema obtenido a partir de una microfotografía. G. granate. B, biotita. Q, cuarzo soldando los trozos de biotita. P, pressure shadows Matriz, cuarzomicaea

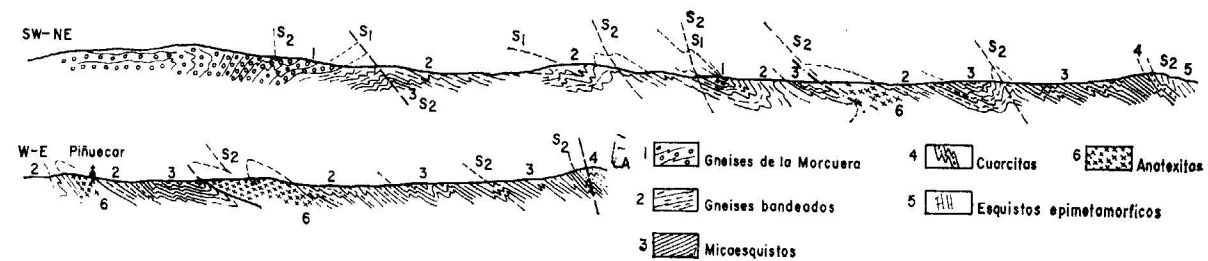


Fig. 7.—Cortes mostrando las estructuras mayores de las dos primeras fases

altas, epimetamórficas, la esquistosidad adopta una posición cercana a la vertical.

### Fase 2

Es la más visible sobre el terreno, dando lugar a esquistosidad, lineaciones minerales, rodillos de feldespatos, «rods» de cuarzo y pliegues a todas las escalas, así como a las formas cartografiadas.

De dirección submeridiana, presenta una clara vergencia hacia el Oeste (fig. 7), notándose también el mismo fenómeno de disminuir el buzamiento de los planos axiales en profundidad. La migmatización mayor parece haberse realizado durante esta segunda fase, desarrollándose en los núcleos anticlinales la mayor proporción de anatexitas, que presentan una foliación  $S_2$ .

Esta fase repliega las estructuras de la primera, cuyas formas mayores quedan casi totalmente enmascaradas,

En los esquistos epimetamórficos da lugar a una esquistosidad  $S_2$ , que produce una crenulación en la  $S_1$  (figuras 8a y 9). Dicha esquistosidad presenta un buzamiento hacia el Este.

En los esquistos inferiores a las cuarcitas ordovícicas se reconoce también la esquistosidad  $S_2$ , que ondula a la  $S_1$  (fig. 8b).

Al microscopio se observa, en los esquistos almandínicos, cómo las micas cristalizadas según  $S_2$  contornean a los granates que cristalizaron estáticamente tras la fase  $S_1$  (fig. 6), los cuales se presentan girados. El estiramiento a lo largo de la esquistosidad  $S_2$  ha roto los porfiroblastos de biotita, formados con anterioridad, soldándose los fragmentos resultantes con cuarzo de neoformación y dando lugar a una lineación en el plano de esquistosidad. Se encuentran envueltas de granates sin inclusiones en la parte externa de porfiroblastos de almandino con inclusiones de cuarzo, envueltas externas con foliación  $S_1$  de inclusiones doblada y granate de crecimiento estático sobre  $S_2$ , lo que demuestra que la generación de granates comenzó en la interfase  $S_1$ - $S_2$ , continuó durante la

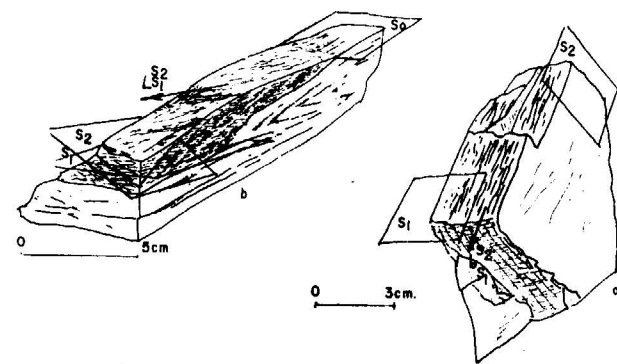


Fig. 8.—a) Esquistosidad  $S_2$  de la segunda fase cortando a la  $S_1$  y produciendo en ella una crenulación  $bS_1$ - $S_2$ . Esquistos azulados epimetamórficos de la carretera de El Berruero a El Atazar. b) Micropliegue y esquistosidad de la primera fase cortados por la esquistosidad  $S_2$  de la segunda.  $LS_1$ - $S_2$ , lineación de intersección de las dos esquistosidades. Micaesquistos de la carretera de Cervera a El Atazar.

$S_2$  y se prolongó, todavía, después de terminada dicha fase.

En los gneises biotíticos migmatizados se encuentran abundantes pliegues vergentes al W., que afectan a la  $S_1$ , y en los cuales se ha producido una foliación  $S_2$  con cristalización de micas y conservación en los microlitos de pequeños pliegues formados por la foliación  $S_1$ .

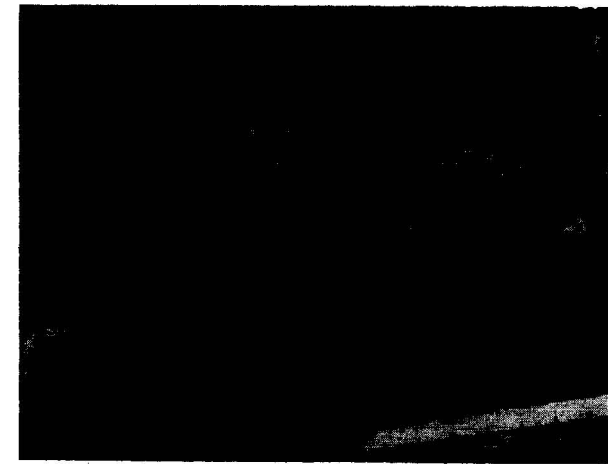


Fig. 9.—Esquistosidad de plano axial de la primera fase ( $S_1$ ) afectada por una crenulación de la segunda,  $bS_1$ - $S_2$  y pliegues centimétricos de la tercera fase,  $bS_1$ - $S_3$ , que borran parcialmente a dicha crenulación. Esquistos epimetamórficos al N. de Arrebatacapas.

En todos los casos se puede observar que el metamorfismo continuó después de esta segunda fase de plegamiento.

### Fase 3

Esta tercera fase de deformación se ve sólo con claridad en los esquistos epimetamórficos (fig. 9), donde se manifiesta como pliegues centimétricos de dirección submeridiana. En las partes más profundas es difícil de determinar, pero fuera de la zona, en la región de El Vellón, se ha podido determinar, en los esquistos con cuarcitas, la existencia de este tercer plegamiento (1).

Contribuye a su enmascaramiento su posible debilidad, así como su casi coincidencia con el plegamiento de la segunda fase. No parece haber dado lugar a una esquistosidad, lo que la diferencia de las otras dos.

### Kink-bands

Como última manifestación de deformación, ya tardía, existen kink-bands con desarrollo de strain-

slip de espaciado amplio, y escasos buzamientos. Como es característico de este tipo de deformación, sólo se encuentra en los esquistos, fundamentalmente por encima de las cuarcitas ordovícicas.

### Edad de las deformaciones

Al Este de la zona estudiada, en Retiendas (4), se encuentran capas de edad Estefaniense discordantes y no afectadas por las deformaciones antes mencionadas. La edad de estas últimas debe situarse por tanto entre el Ordovícico y el Estefaniense. Podemos precisar algo más si tenemos en cuenta que sobre el Ordovícico, hacia la región de Hiendelaencina, se encuentran concordantes unas formaciones datadas como silúricas. Todas las deformaciones se situarían entre el Silúrico y el Estefaniense.

Con posterioridad al plegamiento intruyó el batolito granodiorítico de La Cabrera.

### BIBLIOGRAFÍA

- (1) BABIN, R. B. (1969): *Estudio meso y microtectónico del macizo metamórfico de El Vellón*, «Tesina. Fac. Ciencias», Madrid.
- (2) BARD, J. P.; CAPDEVILA, R. y MATTE, Ph. (1970): *Les grands traits stratigraphiques, tectoniques, métamorphiques et plutoniques des Sierras de Gredos et de Guadarrama (Espagne Centrale)*, «C. R. Acad. Sc Paris», t. 270, págs. 2.630-2.633.
- (3) CAPOTE, R. y VEGAS, R. (1968): *El Paleozoico de los alrededores de Avila*, «Est. Geológicos», vol. XXIV, páginas 181-189.
- (4) DE LA CONCHA, S. (1962): *Explicación de la Hoja número 485, Valdepeñas de la Sierra (Madrid-Guadalupe)*. Mapa Geológico de España 1:50.000 «Inst. Geol. y Min. de Esp.».
- (5) FEBREL, T. (1957): *Diagramas estructurales de cuarzo y mica de las rocas metamórficas de la parte oriental de la hoja de Buitrago del Lozoya*, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 48, págs. 57-90.
- (6) FEBREL, T.; FÚSTER, J. M. y DE PEDRO, F. (1958): *Explicación de la Hoja número 484, Buitrago del Lozoya (Madrid-Segovia)*, Mapa Geológico de España 1:50.000, «Inst. Geol. y Min. de Esp.».
- (7) FÚSTER, J. M. y DE PEDRO, F. (1954): *Estudio geológico del macizo metamórfico de Abantos (Sierra de Guadarrama)*, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 36.
- (8) FÚSTER, J. M.; DE PEDRO, F. y FEBREL, T. (1960): *Explicación de la Hoja número 533, San Lorenzo de El Escorial (Madrid)*, Mapa Geológico de España 1:50.000, «Inst. Geol. y Min. de Esp.».
- (9) FÚSTER, J. M. y FEBREL, T. (1959): *Explicación de la*

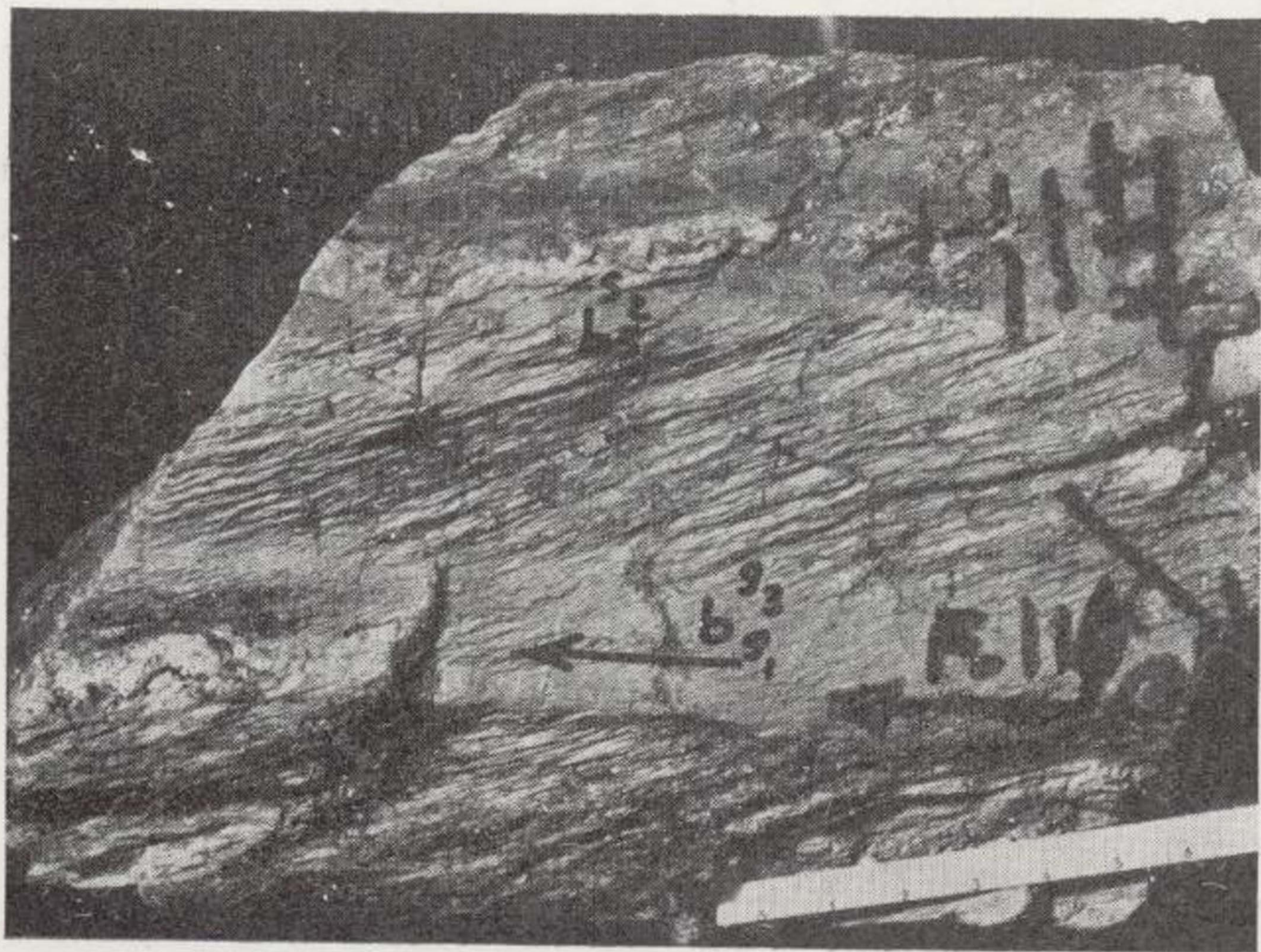


Fig. 9.—Esquistosidad de plano axial de la primera fase ( $S_1$ ) afectada por una crenulación de la segunda,  $bS_1-S_2$  y pliegues centimétricos de la tercera fase,  $bS_1-S_3$ , que borran parcialmente a dicha crenulación. Esquistos epimetamórficos al N. de Arrebatacapas.

- Hoja número 509. Torrelaguna (Madrid), Mapa Geológico de España 1:50.000, «Inst. Geol. y Min. de Esp.».
- (10) HEIM, R. C. (1952): *Metamorphism in the Sierra de Guadarrama*, Tesis. Univ. de Utrech.
- (11) LOTZE, F. (1950): *Observaciones respecto a la división de las Variscidas de la Meseta Ibérica*, «Pub. Ext. sobre Geol. de Esp.», C. S. I. C., t. V.
- (12) — (1960): *El Precámbrico en España*, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 60.
- (13) (1960): *Kambrium Spaniens (Neue Forschungsergebnisse) (1961-65)*. «Zbl. Geol. Paläontol.», Teil, I, H. 6, s. 12'06-1227.
- (14) — — SZDUY, K. (1961): *Das Kambrium Spaniens*, «Abh. Akd. Wiss. Lit. math. nat. Kl.».
- (15) MARTÍNEZ GARCÍA, E. (1969): *Nota sobre la posición del "Ollo de Sapo" en las provincias de Zamora y Orense (NW. de España)*, «Com. Serv. Geol. de Portugal», t. LIII, págs. 37-42.
- (16) PARGA PONDAL, I.; MATTE, PH. y CAPDEVILA, R. (1964): *Introducción a la geologie de l'«Ollo de Sapo». Formation porphyroide antesilurienne du nord-ouest de l'Espagne*, «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de Esp.», núm. 76.
- (17) SCHÄFER, G. (1960): *Geologie und Petrographie in östlichen kastilischen Hauptscheidegebirge (Sierra de Guadarrama, Spanien)*, «Geol. Palaöntol.», H. 10 1075, Münster.
- (18) SCHRÖDER, E. (1948): *Zona límite del Guadarrama y las Cadenas Hespéricas*, «Pub. Ext. Geol. de Esp.», C. S. I. C., vol. IV.
- (19) SOMMER, W. (1965): *Stratigraphie und tektonik im östlichen Guadarrama-Gebirge (Spanien)*, Münst. Forsch., «Geol. Palaöntol.», H. 1.
- (20) WAARD, D. (1953): *Estructuras palinogénicas en los gneises de la Sierra de Guadarrama*, «Pub. Ext. Geol. de Esp.», C. S. I. C., t. VII, núm. 3.

Recibido: 26-IX-70.

## Un caballo microdonte del Pleistoceno medio de Vizcaya

por T. J. DE TORRES PEREZHIDALGO (\*)

### RESUMEN

En este trabajo se estudia una nueva variedad de caballo microdonte de España, encontrado en la ría de Ea, y clasificado como *Equus caballus caensis nov. var.* Forma intermedia entre la arcaica del *E. c. steinheimensis* y las más evolucionadas *E. c. taubachensis* y *E. c. missi* del Pleistoceno medio. Se incluyen numerosas tablas de mediciones comparativas y de síntesis de características, así como la aplicación de los métodos estadísticos en la determinatividad de las mediciones efectuadas en esta variedad.

### RÉSUMÉ

Dans ce travail on étudie une nouvelle variété de cheval microdonte de l'Espagne trouvé à la Ría de Ea et classifié comme *Equus caballus caensis var nova*. Forme intermédiaire entre l'arcaïque du *E. c. steinheimensis* et les plus évoluées *E. c. taubachensis* et *E. c. missi* du Quaternaire moyen. On ajoute de nombreuses tables de mesures comparatives et de synthèses de caractéristiques, comme l'application des méthodes statistiques dans la détermination des méditations effectuées dans cette variété.

### ABSTRACT

In this work we can study a new variety of microdont horse of Spain, found of the Ría de Ea, Vizcaya, and classified how *Equus caballus caensis nov. var.* Intermediate form between the archaic of the *E. c. steinheimensis* and the most evolutioned *E. c. taubachensis* and *E. c. missi* of the middle Quaternary. Many comparative tables of meditations and synthesis of characteristics are included. The soma as the application of the statistical methods in the determinativity of the measurements realized in this variety.

Con motivo del Proyecto de Estudio de la parte occidental de la provincia de Vizcaya, en el mes de mayo de 1969 fueron entregados diversos restos óseos de équidos al Laboratorio de Paleontología de este Centro, restos provenientes de un yacimiento localizado en la Ría de Ea, Vizcaya. Ante la poca determinatividad de los mismos: fragmento distal de tibia, fragmento de diáfisis de metápodo y cinco piezas dentarias, realizamos un viaje a la localidad anteriormente citada, haciendo una abundante toma de muestras, que fue completada por otra que tuvo lugar en el mes de octu-

bre, en la que se recogieron tres cráneos fragmentarios y gran cantidad de piezas dentarias.

Este yacimiento era conocido desde tiempos antiguos, de tal forma que se había incorporado a la toponimia tradicional del pueblo de Ea, con la denominación en vasco de «Azurtaqui», «La Huesera». Advertidos por los naturales de Ea de esta característica de acervo popular, que no conocíamos anteriormente, no se extrajo la totalidad del yacimiento, como era nuestro deseo, sino que nos limitamos a extraer algunas porciones importantes del mismo, así como toda pieza aislada bien conservada que pudiese ser extraída con facilidad, pero respetando el conjunto

(\*) Becario de la Sección de Paleontología I. G. M. E.



del mismo. Aunque pensamos que este yacimiento, en un plazo más a menos lejano, acabará por ser totalmente destruido por los continuos embates del mar, constituye, una satisfacción para el paleontólogo el respetar un yacimiento no extrayendo más que el mínimo de piezas preciso para hacer un estudio sistemático en aras del afecto popular hacia el mismo, en un país donde estos casos son los menos, y por desgracia abundan los vandalismos que destruyen tantos y tan valiosos documentos sobre el Cuaternario español.

#### GEOLÓGIA DE LA ZONA DEL YACIMIENTO

El yacimiento se alberga en el interior del espacio dejado por los flancos de una falla (N-70°) en materiales calizos urgonianos. Estas calizas forman parte del flanco Norte de un sinclinorio cuyos materiales más modernos corresponden al complejo supraurgoniano, esto implica la inclusión de restos de ambas formaciones, procedentes de la degradación mecánica de los mismos, en el espejo de falla.

#### ESTRATIGRAFÍA EN LAS PROXIMIDADES DEL YACIMIENTO

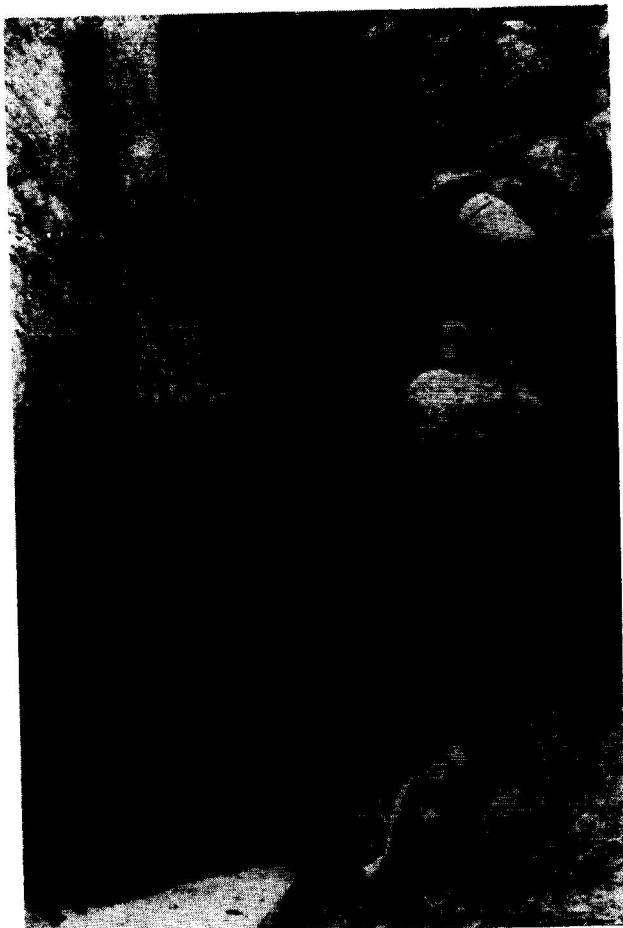
Calizas arrecifales urgonianas: debido a cambios laterales de facies pueden encontrarse tanto en el techo como en el muro del complejo. Se trata de una caliza arrecifal masiva muy recristalizada y constituida por rudistos.

En posición superior se encuentra el conglomerado de base, supraurgoniano, constituido por cantos rodados cuarcíticos y calizos provenientes de macizos paleozoicos de la zona y macizos urgonianos ya existentes. El cemento de este conglomerado es de naturaleza argilítica con poco contenido de mica.

Los datos sobre la geología y estratigrafía de la zona del yacimiento que acabamos de apuntar nos han sido facilitados por el señor don José Espejo Molina, Geólogo de la División de Geología del I. G. M. E., quien ha llevado a cabo el «Estudio Geológico» anteriormente citado.

#### DESCRIPCIÓN Y ESTRATIGRAFÍA DEL YACIMIENTO

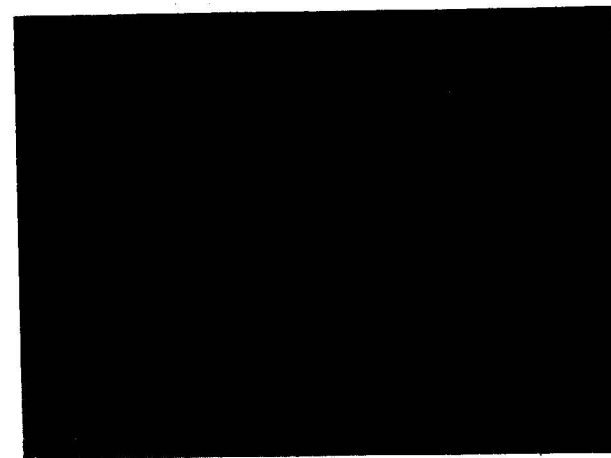
El yacimiento ocupa la parte media inferior de una sima, que se abre en la margen derecha de la desembocadura de la Ría de Ea (fot. 1), aun cuando en tiempos anteriores debió de estar cerrada totalmente, hoy está abierta en toda su parte frontal, ya que el mar se ha abierto camino siguiendo la falla que se abre en dirección N. 70° O. y buza-



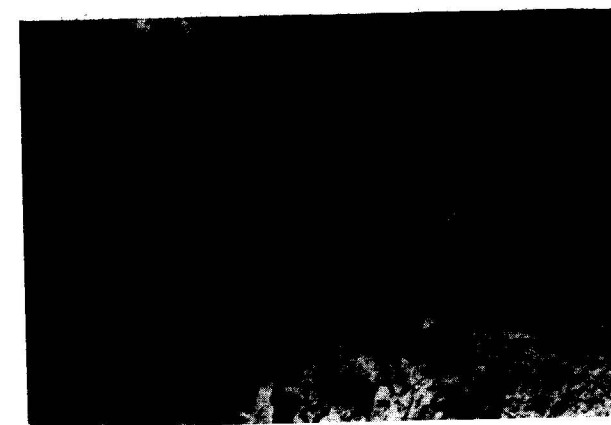
Fot. 1

miento vertical en las calizas urgonianas, y que a su vez fue causa de la existencia de esta sima. Si el origen de la sima se debió a un fenómeno tectónico, es evidente que su evolución ha estado marcada por una serie de fenómenos cársticos que hoy en día son muy difíciles de observar, debido al enmascaramiento que producen las formas de erosión marina. No obstante, tras un detenido estudio, hemos encontrado pruebas significativas de esta actividad kárstica bajo la forma de un pequeño lapiaz inverso (fot. 2), así como numerosas estalactitas y estalagmitas, que en el curso de la excavación aparecieron mezcladas con los huesos, lo que muestra que además de un período erosivo existió otro de actividad litogenética.

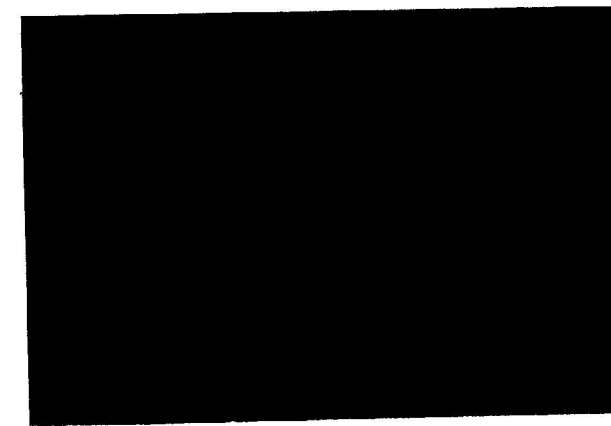
No podemos hablar de estratigrafía, debido a que el único estrato hoy en día existente es el de los restos, los inferiores han desaparecido por la acción marina, los superiores, si los hubo, debían ser restos poco aglomerados de cantos y argilitas procedentes de la denudación y arrastre de la montera,



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4

conglomerado base del supraurgoniano, que también ha desaparecido, debido a la acción erosiva del mar al capturar la sima, así pues, el único estrato existente en un potente paquete brechoide que está «pegado» al frente y pared derecha de la sima (fot. 1), en la izquierda quedan restos; aunque hasta hace poco se extendía en todo su desarrollo, según recuerdan algunos naturales, 5 m. de profundidad, por 2,50 de ancho, con una potencia variable de un metro y medio a dos metros, lo que da una idea de la gran cantidad de restos que estaban acumulados. Todo este conjunto se encuentra colgado a unos seis metros por encima del nivel actual de la Ría de Ea. Estrato formado por un conglomerado compacto pero no duro, en el que se alternan los diversos materiales que los componen, materiales que citamos:

#### Restos óseos (fots. 3 y 4)

Principal componente, debido a que en pleamar están cubiertos por el agua marina, en las zonas superficiales están lavados y casi totalmente exentos de la materia aglomerante. A pesar de este factor favorable, su extracción es siempre comprometida, debido a que están muy desmineralizados y totalmente húmedos, lo que los hace sumamente deleznable. Un intento de secado previo con acetona no resulta viable, debido al escaso margen de tiempo que permite la bajamar. Este hecho provocó la extracción fragmentaria de cráneos, ya que los tabiques de los mismos estaban intensamente meteorizados.

El estado general de los restos *in situ* es bueno, no están rotos ni erosionados, las escasas erosiones superficiales que se han observado provienen de la acción marina actual. Es notable la abundancia de piezas dentarias aisladas, lo que indica que anteriormente los restos fueron ligeramente rodados o intensamente meteorizados por el agua y agentes atmosféricos.

#### Argilitas

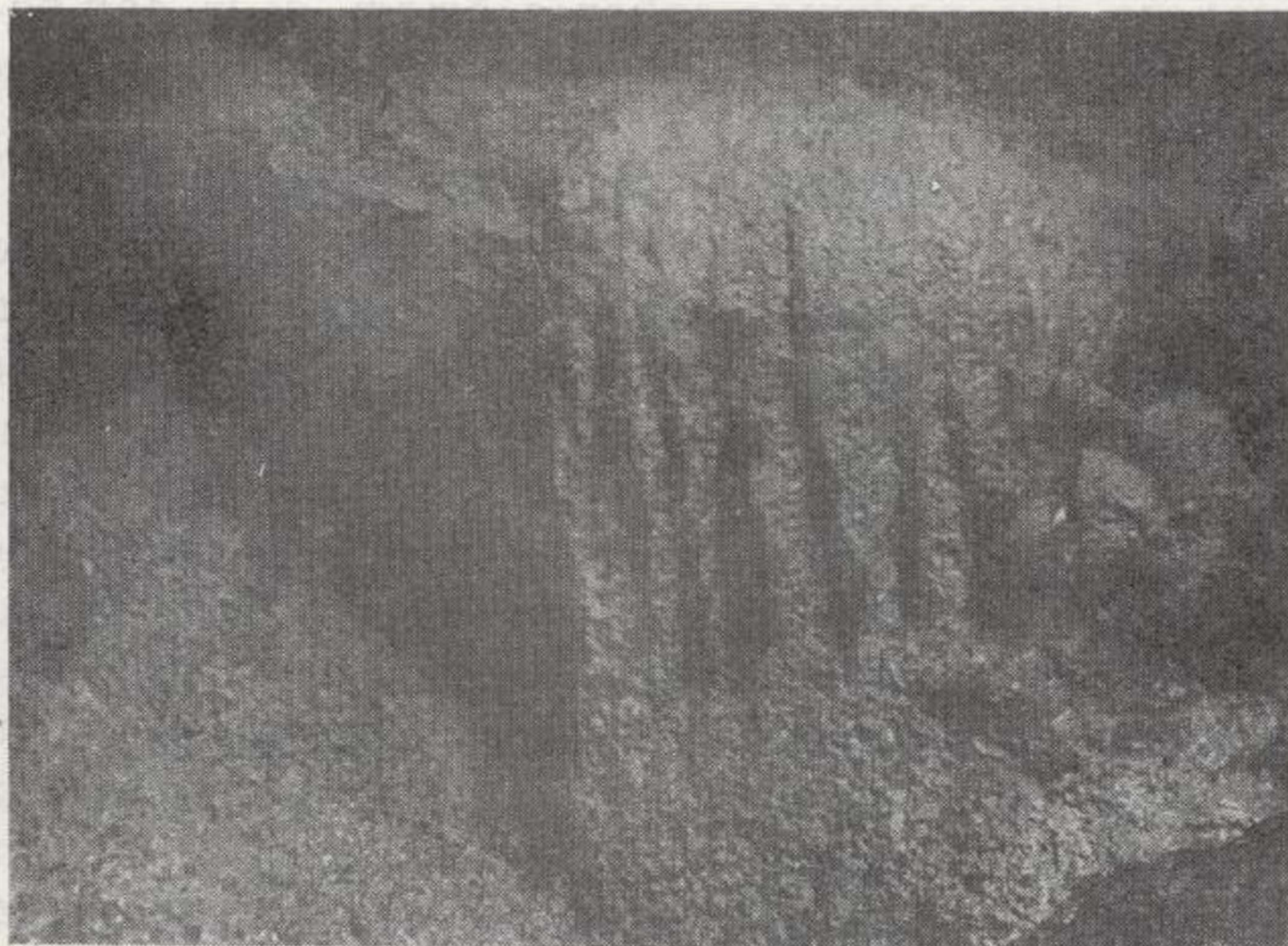
Abundan los restos de argilitas mezclados con los huesos e incluso en el relleno de cavidades craneanas, proceden del arrastre por agua de escorrentía de los productos de denudación de la ladera. Como se ha indicado antes, la sima se abre muy cerca del contacto, calizas urgonianas-conglomerado supraurgoniano, que está compuesto en parte por argilitas.

#### Arcilla de decalcificación

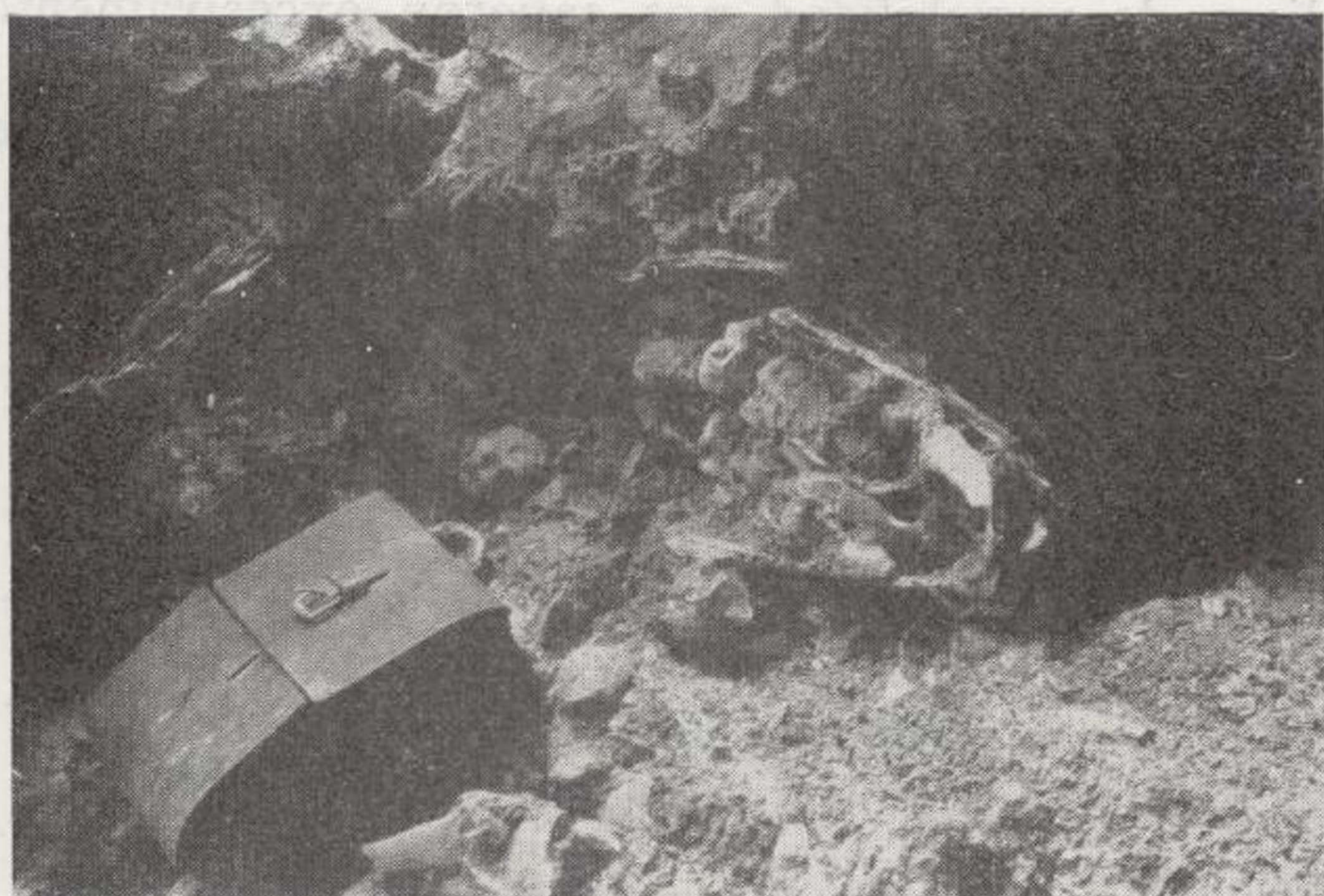
Aun cuando no es el componente más abundante, es un material que se encuentra prácticamente en



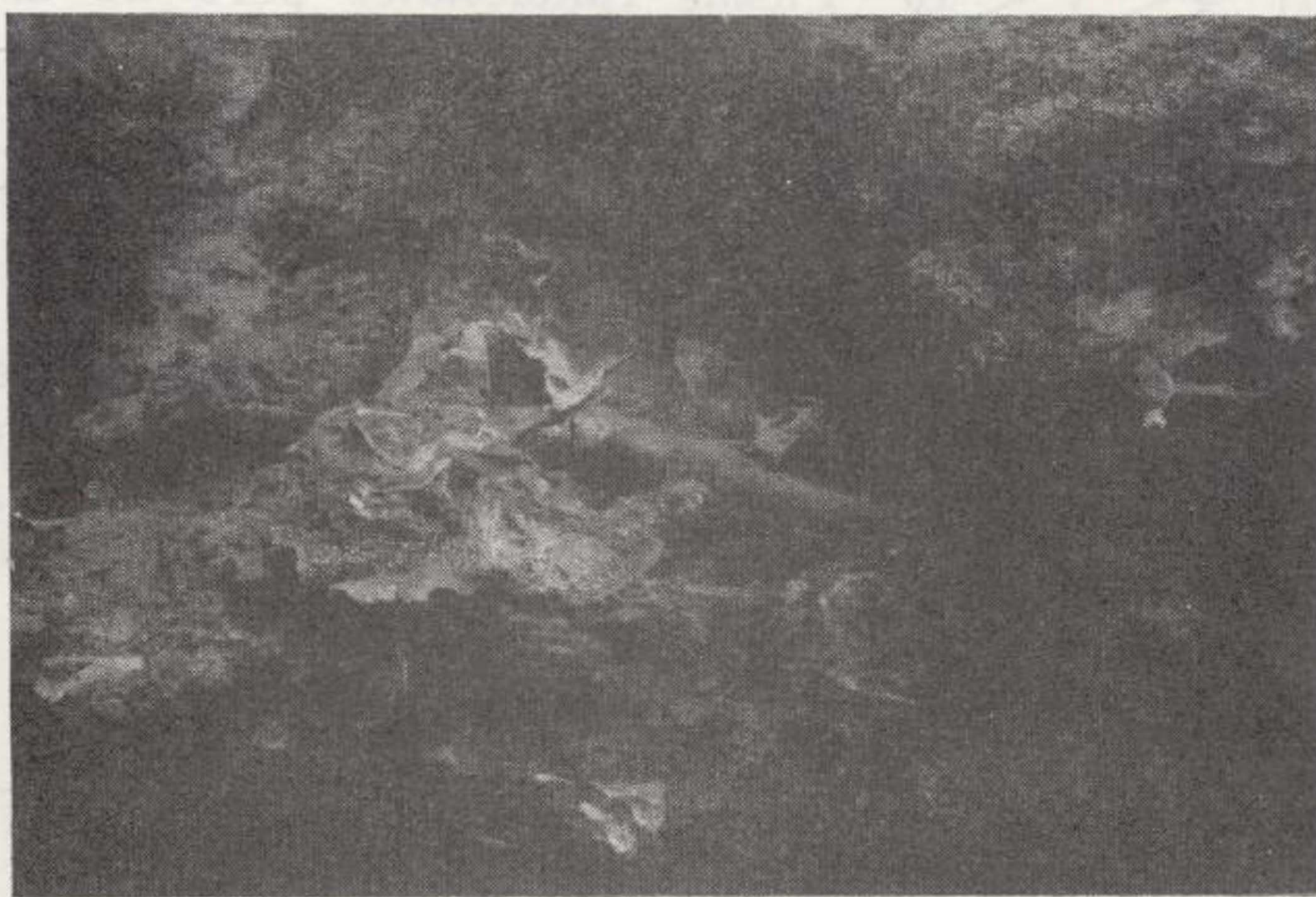
Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



Fot. 4

toda la extensión del estrato rellenando parcialmente cavidades óseas, cavidades craneanas, etc.

*Caliza estalactítica*

Si la arcilla de descalcificación es un componente siempre presente, la caliza estalactítica cementa todo el conjunto, formando un todo bastante resistente que ha permitido la pervivencia del yacimiento hasta nuestros días. En algunos lugares, lo menos, esta impregnación es muy fuerte, lo que le da una gran dureza al conglomerado, astillándose los restos al intentar extraerlos, mientras que en otras, bandas de caliza estalactítica recorren transversalmente el estrato, aunque no hemos podido comprobar su continuidad a lo largo de toda la extensión del mismo. Esta caliza de deposición proveniente de aguas de percolación es poco potente, 5 mm., como máximo, y generalmente está muy alterada, por lo que no es obstáculo para la extracción. Aunque no en gran abundancia, hemos encontrado bastantes fragmentos de estalactitas y estalagmitas, poco descalcificadas y fragmentadas.

*Arena marina*

Es el componente más interesante, mención aparte de los restos óseos, y suponemos que su presencia en el yacimiento es independiente de su génesis inicial, se presenta en intersticios y huecos mayores, de donde ha sido eliminada la arcilla. Su presencia la justificaremos en el estudio de la evolución del yacimiento.

APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS A SU ESTUDIO Y CLASIFICACIÓN

Ante la dificultad que entrañaría encontrar un método estadístico que permitiese mediante una clave dicotómica (2) llevar a cabo una clasificación de especie, subespecie y variedad por el empleo del análisis de discriminación de multivariadas, puesto que se tendría que confeccionar un amplio programa sobre características osteológicas y osteométricas de todas las especies de caballos, tanto fósiles o subfósiles como actuales, programa difícil de confeccionar debido a la carencia de datos que se tienen sobre las características de muchas especies cuaternarias.

Ante la imposibilidad de aplicar el sistema anteriormente citado, hemos aplicado el índice de variabilidad de Simpson, que fue primeramente aplicado en España por el doctor Crusafont Pairó (3). Este coeficiente cuya esencia explicaremos en líneas posteriores, no nos clasifica la especie en cuestión, pero nos indica la confianza que merecen los valores medios de dimensiones obtenidos. De tal

manera que podemos saber *a priori*, si la comparación con tablas de dimensiones de especies es realmente lícita o no. En el caso de los caballos fósiles resulta muchas veces complicado la separación entre sí de los P<sup>3</sup>, P<sup>4</sup>, M<sup>1</sup> y M<sup>2</sup>. Este método también nos permite comprobar si esta separación está correctamente efectuada, si bien sólo se debe aplicar en el caso de que nos refiramos a miembros de una misma población, puesto que mutaciones locales son posibles siempre. Al respecto, de separación de molares y premolares entre sí haremos una recomendación interesante: No debe guiarse por un criterio de identificación individual por comparación de la pieza a clasificar con una serie dental completa, se debe de proceder a una identificación por grupos de piezas, que se parezcan más entre sí, de lo que se diferencien con otro grupo, puesto que la identificación individual siempre está sujeta a interpretaciones subjetivas. Lo cual nos quedó completamente demostrado, porque al hacer una primera clasificación errónea, los índices de variabilidad nos salieron excesivamente altos para piezas dentarias de funcionalidad total.

El coeficiente de variabilidad de Simpson viene expresado por:

Siendo

$$V = \frac{S \times 100}{M}$$

S = Desviación estandar o desviación típica =  $\sqrt{(X-M)^2/N}$ <sup>112</sup>.

M = Media aritmética de los datos (X) M = X/N

N = Número de datos.

Se nos pueden presentar tres valores de V:

- a)  $V < 4$  Se tratan de piezas funcionales de dimensiones características. Determinan la especie.
- b)  $4 < V < 10$  Piezas funcionales pero de dimensiones variables, no caracterizan totalmente la especie.
- c)  $V > 10$  Piezas no funcionales, no caracterizan la especie.

Siempre que nos referimos a caracterización de una especie nos referimos a caracterización de la misma por las dimensiones medias de las piezas.

Los valores que nosotros obtuvimos fueron:

	M	V
Longitud ... ..	36,12	3,54
P <sup>2</sup> Anchura... ..	24,26	3,44
Long. pr. ... ..	8,50	8,42

	M	V
P <sup>3</sup> y P <sup>4</sup> Longitud ... ..	25,38	3,46
Anchura... ..	25,32	2,60
Long. pr. ... ..	10,94	4,27
M <sup>1</sup> Longitud ... ..	22,36	4,57
Anchura... ..	24,20	2,51
Long. pr. ... ..	11,45	8,68
M <sup>2</sup> Longitud ... ..	22,20	4,57
Anchura... ..	23,04	2,51
Long. pr. ... ..	11,65	6,99
M <sup>3</sup> Longitud ... ..	25,81	9,78
Anchura... ..	21,72	11,70
Long. pr. ... ..	11,03	15,44
P <sub>2</sub> Longitud ... ..	31,42	6,75
Anchura... ..	13,72	9,88
P <sub>3</sub> Longitud ... ..	29,66	4,16
Anchura... ..	15,83	7,29
P <sub>4</sub> Longitud ... ..	27,8	
Anchura... ..	15,7	
M <sub>1</sub> Longitud ... ..	28	6,19
Anchura... ..	15,77	7,53
M <sub>2</sub> Longitud ... ..	28,7	5,29
Anchura... ..	15,25	6,59
M <sub>3</sub> Longitud ... ..	28,35	11,30
Anchura... ..	11,71	15,71

Puede apreciarse con los valores que aparecen en la tabla anterior, que casi todas las piezas son determinativas en cuanto a sus promedios se refiere, principalmente las correspondientes al maxilar superior, y nos indica que la separación ha sido correctamente efectuada.

El valor de este índice se eleva en dos casos, uno de ellos en las variabilidades de las longitudes protocónicas, elevación fácilmente justificable, debido a que las dimensiones del protocolo varían de forma apreciable según el grado de uso del diente, y aunque casi todos los dientes corresponden a ejemplares jóvenes, hay una diferencia en el desgaste que provoca esta variación. Como muchos de los molares se presentaban en germen, las mediciones de la longitud protocónica se han tenido que hacer en secciones normales al eje mayor del diente a dos centímetros de la superficie oclusiva (Ø).

El otro caso de elevación del índice de variabilidad se produce en los terceros molares, inferior y superior; piezas dentarias que en ninguno de los casos hemos encontrado con síntomas de desgaste, sino siempre en germen, las mediciones se han tenido que hacer en secciones normales a los ejes mayores de los dientes, opinamos que se trata de dientes de menor funcionalidad. Repetidos los cálculos efectuados, en el nacimiento de los pilares, nos dieron valores de variabilidad comprendidos entre 4 y 9,5, lo cual se ajusta más a los valores obtenidos para las restantes piezas.

*Mediciones dentales*

S	Longitud	Anchura	Altura	Alt. Pr.	Pr. Long.	Pr. Anch.	Pieza
B-54	9	6,3	—	—	—	7	P <sup>1</sup> d
B-45	37,7	23,8	62	59	8,2	4,4	P <sup>2</sup> i
B-47	35,5 en	24,5 en	67	65	8,5	5 en Ø	P <sup>2</sup> d
B-10	35,35	24	68,4	58	8,7	4,5	P <sup>2</sup> d
B-33	35	24,4	68	54,8	7,5	4,6	P <sup>2</sup> d
B-61	34,8	24,5	61,7	60,6	8,2	4,5	P <sup>2</sup> d
B-30	35,8	24,5	52,6	50,6	8,5	5	P <sup>2</sup> i
B-108	36,7	25,5	58,6	52,5	9	5,6	P <sup>2</sup> i
B-40	36,3	24,5	59	54,6	8,6	4,55	P <sup>2</sup> i
B-91	36,3	24,3	58,3	53,4	9,2	5	P <sup>2</sup> i
B-82	34,1	24,7	62	54,3	8	4,6	P <sup>2</sup> d
B-78	36	23,8	56	52,6	8,6	5	P <sup>2</sup> d
B-23	37	22,2	—	—	—	—	P <sup>2</sup> i
B-52	36,9	26,2	—	—	8	—	P <sup>2</sup> d
B-53	34,5	23,8	—	—	8,6	3,3	P <sup>2</sup> d
B-53	36,7	24	—	—	10,5	4,5	P <sup>2</sup> i
B-54	39,4	23,6	—	—	7,4	5,9	P <sup>2</sup> d

S	Longitud	Anchura	Altura	Alt. Pr.	Pr. Long.	Pr. Anch.	Pieza
B-35	30,2	26,5	70,4	63,3	11,6	4,5	P <sup>3</sup> i
B-	30,0	26,8	—	—	—	—	P <sup>3</sup> a
B-52	28,4	28,7	—	—	10,5	2,9	P <sup>3</sup> i
B-52	25,5	25	—	—	10,7	3,7	P <sup>3</sup> i
B-88	29,8	24,3	81,8	75,5	14	4,2	P <sup>3</sup> d
B-98	28,8	26	73,6	63,7	10,8	6,2	P <sup>3</sup> i
B-25	27,9	26,5	76,0	67,7	11,0	4,0	P <sup>3</sup> i
B-14	31,7	28	75,5	71,4	11,0	3,5	P <sup>3</sup> d
B-59	29,4	26,3	66,9	53,6	11,5	4,5	P <sup>3</sup> d
B-79	28,0	26,0	64	59,1	13,9	3,7	P <sup>3</sup> i
B-58	30,2	26	82,9	72,9	14,3	3,1	P <sup>3</sup> d
B-8	28,6	26,6	69,5	63	11,3	4,5	P <sup>3</sup> d
B-8 bis	29,2	27,4	—	—	11,0	—	P <sup>3</sup> d
B-41	29,5	26,5	74,5	60	10,4	4,2	P <sup>3</sup> i
B-74	28,2	25,4	70	57,7	11	3,1	P <sup>3</sup> i
B-10	29,5	27	78	67,5	10,5	4,8	P <sup>3</sup> d
B-54	29,5	27	—	—	—	—	P <sup>3</sup> i
D-54	28,6	24,3	—	—	—	—	P <sup>3</sup> d
B-54	27	25,4	—	—	—	—	P <sup>4</sup> i
B-54	26,4	—	—	—	—	—	P <sup>4</sup> i
B-20	29,2	30	71,6	70,5	10,5	3,6	P <sup>3</sup> i
B-36	28	—	72,2	68,5	10	3,9	P <sup>3</sup> i
B-83	30,4	27,4	71,2	58,5	11,5	3,6	P <sup>3</sup> i
B-31	29,1	27	—	—	11,2	5	P <sup>3</sup> a
B-53	27,5	26	—	—	10,8	3,5	P <sup>3</sup> d
B-53	26	23,6	—	—	9,0	—	P <sup>4</sup> d
B-53	27,5	25,6	—	—	12,7	3,3	P <sup>3</sup> i
B-53	24,7	26,2	—	—	—	—	P <sup>4</sup> i
B-25	26,4	26,5	75,5	64,0	11,6	4,0	M <sup>3</sup> i
B-53	26,9	25,9	—	—	12,0	4,4	M <sup>3</sup> d
B-53	26,5	25,2	—	—	12,9	4,5	M <sup>3</sup> i
B-54	26,6	25,3	—	—	11,5	4,4	M <sup>3</sup> i
B-54	25,4	25,4	—	—	11,6	4,7	M <sup>1</sup> d
B-39	28,2	27,0	75	68,4	11,0	5,1	M <sup>3</sup> i
B-90	27,0	27,3	72,4	61,0	12,5	3,5	M <sup>1</sup> d
B-9	27,0	25,0	—	—	10,5	5,0	M <sup>3</sup> i
B-75	26,0	26,4	75,0	64,5	11,8	4,9	M <sup>3</sup> i
B-104	27,0	26,8	76,3	57,0	12,0	5,4	M <sup>1</sup> d
B-6	29,0	27,5	77	70,0	11,0	4,4	M <sup>1</sup> d
B-87	28,5	26,4	76	60,6	11,4	4,5	M <sup>3</sup> i
B-17	26,2	25,6	74	62,8	12,5	—	M <sup>1</sup> d
B-85	27,2	24,0	72,5	62,8	10,7	4,6	M <sup>1</sup> d
B-2	26,8	26,4	77	68,4	10,0	5,3	M <sup>3</sup> i
B-44	26,7	26,5	79,6	73,5	10,5	3,8	M <sup>3</sup> i
B-86	28,3	25,0	73	63,5	13,8	4,8	M <sup>1</sup> d
B-81	28,0	26,6	80,6	72,4	12,2	4,9	M <sup>1</sup> d
B-60	28,6	26,9	73,2	62,6	11,8	—	M <sup>1</sup> d
B-7	25,4	25,5	75,3	62,3	—	3,8	M <sup>3</sup> i
B-1	27,6	25,6	78,4	72,1	10,0	4,5	M <sup>3</sup> i

S	Longitud	Anchura	Altura	Alt. Pr.	Pr. Long.	Pr. Anch.	Pieza
B-48	29,0	25,0	92	81,0	13,4	5,0	M <sup>2</sup> d
B-53	27,1	23,5	—	—	13,1	3,3	M <sup>2</sup> i
B-117	28,0	24,5	83	79,4	10,8	—	M <sup>2</sup> d
B-52	26,7	22,4	—	—	11,5	3,4	M <sup>2</sup>
B-54	27,6	23,6	—	—	12,0	3	M <sup>2</sup> i
B-54	26,8	23,0	—	—	12,6	3,9	M <sup>2</sup> d
B-70	27,3	23,9	75,0	64,0	10,8	4,7	M <sup>2</sup> i
B-29	29,0	24,3	80,5	74,0	11,0	3,7	M <sup>2</sup> d
B-80	28,0	24,7	81,6	75,0	11,5	4,6	M <sup>2</sup> i
B-12	26,6	23,3	86,8	69,0	11,0	3,0	M <sup>2</sup> i
B-38	27,4	24,4	81,5	78,6	11,6	3,6	M <sup>2</sup> i
B-3	26,0	27,7	81,0	75,4	10,9	4,0	M <sup>2</sup> i
B-32	28,0	24,0	80,5	70,4	11,2	4,5	M <sup>2</sup> i
B-89	27,0	24,6	81,0	75,0	11,8	4,2	M <sup>2</sup> d
B-4	26,0	19,8	57,7	57,9	12,7	3,6	M <sup>3</sup> i
B-15	27,7	18,5	57,5	55,4	9,5	3,3	M <sup>3</sup> i
B-59	29,2	26,2	66,9	53,6	11,6	4,5	M <sup>3</sup> d
B-11	26,5	23,4	62,5	60,6	8,7	4,4	M <sup>3</sup> i
B-84	27,9	26,1	73,4	61	11,0	3,7	M <sup>3</sup> i
B-74	23,9	21,3	64	59,1	13,9	3,7	M <sup>3</sup> i
B-5	23,5	24,4	60,7	57,9	10	3,1	M <sup>3</sup> i
B-51	24,9	19	63,9	56,8	8,2	2,7	M <sup>3</sup> d
B-62	25,7	20,8	65,6	56	12,4	2,5	M <sup>3</sup> i
B-46	24,5	22,6	60,6	54,4	12,4	3,6	M <sup>3</sup> i
B-54	26,0	19,6	—	—	—	—	M <sup>3</sup> d
B-65	25,5	24	6,4	3,0	9,6	6,4	P <sup>3</sup> i
B-108	26,6	25,2	9,5	4,6	8,4	5,6	P <sup>4</sup> i
B-64	27	25,2	8,3	11,0	8,6	—	P <sup>4</sup> i
	27,6	25,9	6,0	4,0	8,6	5,7	M <sup>1</sup>
B-16	27,6	25,9	6,0	4,0	8,6	5,7	P <sup>4</sup> d

S	Longit.	Anch.	Altura	Alt. mur.	Pieza	S	Longit.	Anch.	Altura	Alt. mur.	Pieza
B-27	32,2	14,4	51,7	56,6	P <sub>2</sub> d	B-101	30,7	16,4	66,5	66,5	M <sub>2</sub> i
B-26	33,2	11,2	—	—	P <sub>2</sub> i	B-37	28,3	13,8	69,3	71,2	M <sub>2</sub> i
B-24	27,8	13,8	70,6	73,4	P <sub>2</sub> i	B-92	27,5	11,5	52,6	58,6	M <sub>2</sub> i
B-96	27	14,3	64,6	65	P <sub>3</sub> d	B-94	29,6	15	59	61,5	M <sub>2</sub> d
B-21	31,4	14,2	71	76	P <sub>3</sub> d	B-57	30	16,7	—	—	M <sub>2</sub> d
B-19	28,6	16,7	69	71	P <sub>3</sub> i	B-27	—	10,6	41,3	46,0	M <sub>3</sub> i
B-71	28,5	16,6	75,8	79,7	M <sub>1</sub> i	B-99	28	9,5	—	—	M <sub>3</sub> d
B-100	25,6	16,6	75,8	79,7	M <sub>1</sub> i	B-97	22,7	10,5	40,6	47	M <sub>3</sub> d
B-95	30,4	13,8	70,5	76	M <sub>1</sub> i	B-98	27,9	11,8	53,6	58,2	M <sub>3</sub> i
B-63	27,8	14,5	64,3	68,4	M <sub>1</sub> d	B-72	31	12,8	62	66,2	M <sub>3</sub> d
B-73	27,7	15	—	—	M <sub>2</sub> i	B-57	33	15,5	—	—	M <sub>3</sub> d

A pesar de los datos tan completos que disponemos de la especie del yacimiento en estudio, resulta totalmente aventurado iniciar una clasificación definitiva, ya que al estudiar cada una de las especies que a continuación citamos, observamos la presencia de un gran número de variabilidades locales, por lo que una identificación con garantías de seguridad sólo puede hacerse tras un análisis metódico de los datos. Para proceder a esto vamos a estudiar comparativamente las características morfológicas y métricas de las tres especies anterior-

mente citadas y la del yacimiento que provisionalmente denominaremos *Equus caballus var. eaensis*, y que posteriormente analizaremos si está justificada la creación de esta variedad, a la que desde luego inicialmente sólo le damos una significación de variedad geográfica.

Las mediciones y características de comparación de los *Equus caballus, stein heimensis*, Reich, *Equus caballus taubachensis*, Freud y *Equus caballus, missi*, Paul, proceden de Gromova (4).

	E. c. steinheimensis	E. c. taubachensis	E. c. missi	E. c. eaensis
P <sup>2</sup> Longitud ... ..	39	38 -33	35	36,12
P <sup>2</sup> Anchura ... ..	27,5	23 28	22,5	24,26
M <sup>1</sup> Longitud ... ..	33 -39	28 -33	26 -24,5	25,38
M <sup>1</sup> Anchura ... ..	28 -26	—	26 -25	25,32
M <sup>1</sup> Longitud protocono ... ..	12,4-12	13 -16,5	11,5-12,5	10,94
M <sup>1</sup> Índice protocónico ... ..	37,5-31	46 -50	44,2-55,1	43
M <sup>2</sup> Longitud ... ..	—	20 -33	22 -22,5	22,20
M <sup>2</sup> Anchura ... ..	—	—	25,5-24,5	23,04
M <sup>2</sup> Longitud protocono ... ..	—	15 -16	13 -12,3	11,65
M <sup>2</sup> Índice protocónico ... ..	—	51 -48,5	50,1-54,7	52,4
M <sup>3</sup> Longitud ... ..	26,5-26	28 -30	28 -28,5	25,81
M <sup>3</sup> Anchura ... ..	20,1-20	—	24 -23	21,72
M <sup>3</sup> Longitud protocono ... ..	12,8-12,5	11,5-15,5	13,5-13,5	11,03
M <sup>3</sup> Índice protocónico ... ..	48,3-48,1	41,4-50	48,5-47,3	43,2
P <sub>2</sub> Longitud ... ..	35	37	34	31,42
P <sub>2</sub> Anchura ... ..	15	—	17	13,72
P <sub>3</sub> Longitud ... ..	29	34	30 -27	29,66
P <sub>3</sub> Anchura ... ..	17,5	—	19 -19	15,83
P <sub>4</sub> Longitud ... ..	28 -31	33 -31	28 -26	27,8
P <sub>4</sub> Anchura ... ..	16,8-15	—	18 -18,5	15,7
M <sub>1</sub> Longitud ... ..	27,3	31 28	26 -25	28
M <sub>1</sub> Anchura ... ..	15	20 -15,5	18 -18	15,77
M <sub>2</sub> Longitud ... ..	27,6	31,5-29	26 -25	28,7
M <sub>2</sub> Anchura ... ..	14,6	15,8-15,5	17 -18	15,25
M <sub>3</sub> Longitud ... ..	34	35	32 -31,5	28,35
M <sub>3</sub> Anchura ... ..	13	16,2	13,5-14,5	11,71

Dentición superior.

E. c. steinheimensis	E. c. taubachensis	E. c. missi	E. c. eaensis
Protocono relativamente corto.	Protocono de longitud muy moderada.	Protocono de gran longitud.	Protocono de longitud moderada.
Índice protocónico, no supera 45 y a veces inferior a 40.		Índice protocónico mayor que 50 y a veces mayor que 60.	Índice protocónico, entre 43 y 51,2 I <sub>p</sub> , de M <sup>3</sup> , vale 43,2.
Forma caballoide, algo este-nónica.	Caballoide pura.	Forma caballoide algo es-tenónica.	Caballoide puro, rara vez tipo este-nónica.
Protocono en el interior del diente.	Protocono contiguo al cuerpo del diente.	Protocono a veces en el interior.	Protocono, casi siempre contiguo al cuerpo del diente.
Borde interno del protocono cóncavo.	Borde interno del protocono con escotadura.		Borde interno del protocono con es-cotadura.
Hipocono en el interior.	Hipocono en el interior.	Hipocono en el interior.	Hipocono en el interior.
Mesostilo, poco sillonado en P.	Mesostilo poco sillonado en P.	Mesostilo fuertemente des-doblado en los P.	Mesostilo poco sillonado en los P. y ligeramente en los M.
Paredes externas del para y metacono débilmente cóncavos.	Paredes externas del para y metacono fuertemen-te cóncavas.	Paredes externas del para y metacono profunda-mente cóncavas.	Paredes externas del para y metacono fuertemente cóncavas.
Ala intermediar posterior muy oblicua.	Ala intermediar posterior, nada oblicua.		Ala intermediar posterior poco obli-cua, a veces cierta oblicuidad.

Dentición inferior

Nudo doble caballoide.	Nudo doble caballoide.	Nudo doble caballoide.	Nudo doble caballoide, en cinco pie-zas, dividido por una escotadura.
Serie M corta en relación serie P.			Serie corta en relación con P.
	Entocónido anguloso.		Entocónido poco anguloso.
	Depresión externa pro-funda.		Depresión externa marcada.
M <sub>3</sub> con talonido muy redu-cido.			M <sub>3</sub> con talonido muy reducido.

Cráneo

No incluimos mediciones debido al deficiente estado de los cráneos extraídos. Sólo podemos indicar que son los más pequeños que hasta ahora hemos conocido, a excepción de la especie *Equus hydrunthynus*.

Maxilar superior

	E. c. taubachensis	E. c. eaensis			
		B-52 (d)	B-53 (i)	B-53 (d)	B-54 (d)
Longitud de la serie dental ... ..	188,8	173,6	166,6	163,6	175,6
Longitud de la serie M ... ..	—	78,4	76	75	78
Longitud de la serie P ... ..	—	95	90	88,6	97,6

*Maxilar inferior*

	E. c. steinhe- imensis	E. c. tauba- chensis	E. c. missi	E. c. eaensis
Longitud de la serie dental ... ..	188	210	172	196,6
Longitud de la serie M ... ..	88,9	—	85	80
Longitud de la serie P ... ..	98	106	85	89

*Húmero*

	E. c. eaensis	E. c. missi
Diámetro del bloque inferior en sección mediana ... ..	47	50

*Radio*

	E. c. eaensis	E. c. missi
Anchura de la extremidad su- perior ... ..	78	88
Anchura de la superficie articu- lar superior ... ..	67	81

*Metacarpiano*

	E. c. eaensis	E. c. missi
Anchura de la extremidad supe- rior ... ..	47	56,5
Diámetro de la extremidad su- perior ... ..	33	35
Anchura del hueso en el centro.	35	41

	Falange I		Falange II	
	E. c. eaensis	E. c. missi	E. c. eaensis	E. c. missi
Longitud total ... ..	81	88	45	48
Longitud en la línea de la superficie anterior ... ..	73	75	31	32
Anchura de la extremidad superior ... ..	50	47	43	—
Diámetro de la extremidad superior ... ..	41,5	40	29	31
Anchura de la extremidad inferior ... ..	24	22	43	47
Diámetro en el centro del hueso ... ..	31,5	31,5	22	24,5

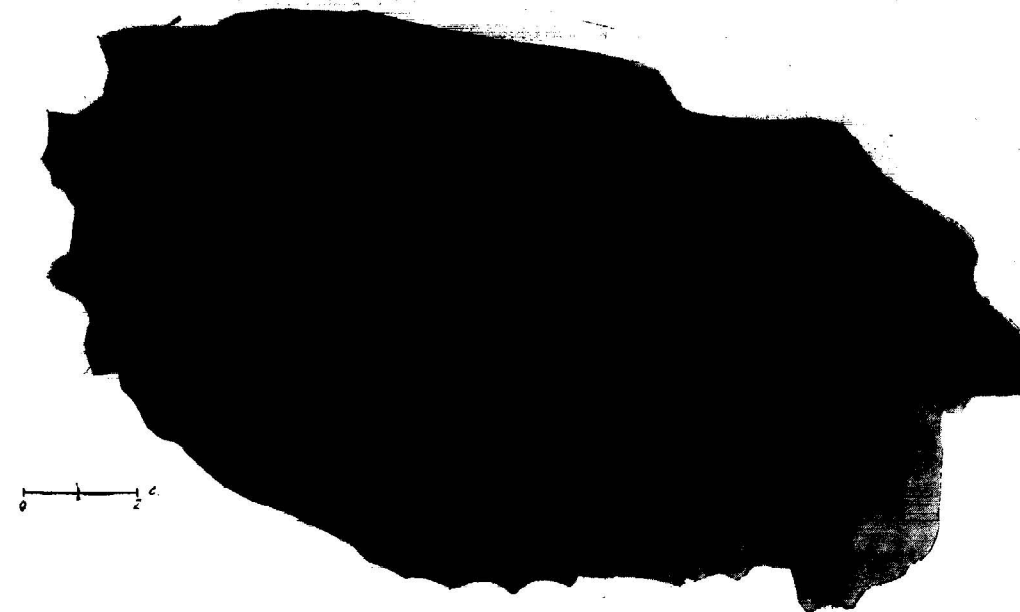
*Calcáneo*

	E. c. eaensis	E. c. missi
Longitud total ... ..	100	130
Longitud del cuerpo ... ..	61	95
Anchura máxima ... ..	47	60

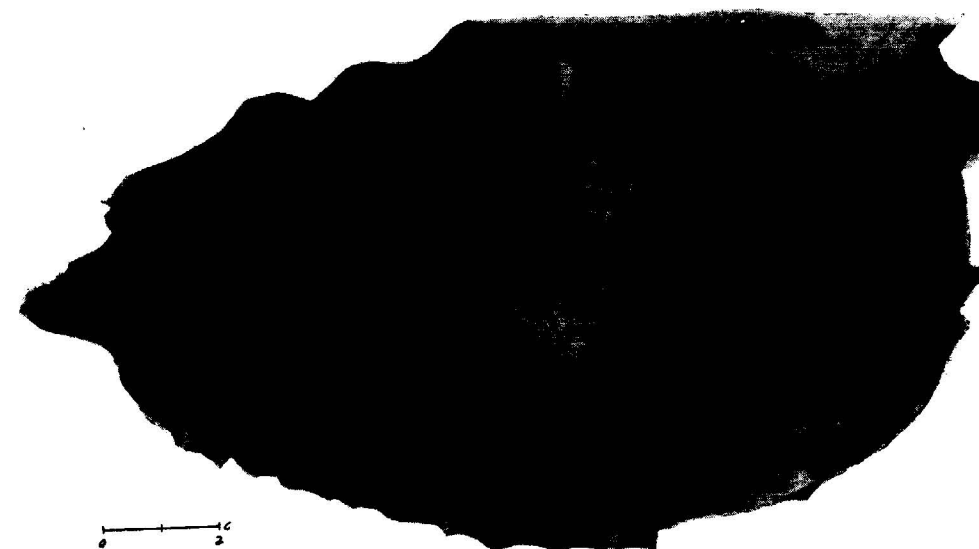
*Metatarsiano*

	E. c. steinhe- imensis	E. c. tauba- chensis	E. c. missi	E. c. eaensis
Longitud total ... ..	291	—	273	273
Anchura de la extremidad superior ... ..	56,5	—	52	47
Diámetro de la extremidad superior ... ..	—	—	45,5	40
Anchura de la extremidad inferior a la altura de los tu- bérculos articulares ... ..	55,5	63	50	48
Anchura de la extremidad en la articulación ... ..	54	63	54	49
Diámetro de la extremidad inferior en la cresta ... ..	—	46	40	36
Diámetro de la extremidad inferior en sección mediana ... ..	—	—	33	26
Anchura del hueso en el centro ... ..	38	—	34,5	28

Ante una visión de estas últimas medidas no podemos obtener ninguna consecuencia cierta, debido a que todos los animales encontrados eran extremadamente jóvenes, sus huesos son, por tanto, que está relacionada con la longitud del metatarsiano, según Kiesewalter, es muy parecida a la del *Equus caballus missi*, se trata, pues, de un caballo de gran talla, aunque dentro de éstos, el menor.



Fót. 5 v-53.—Lado derecho.

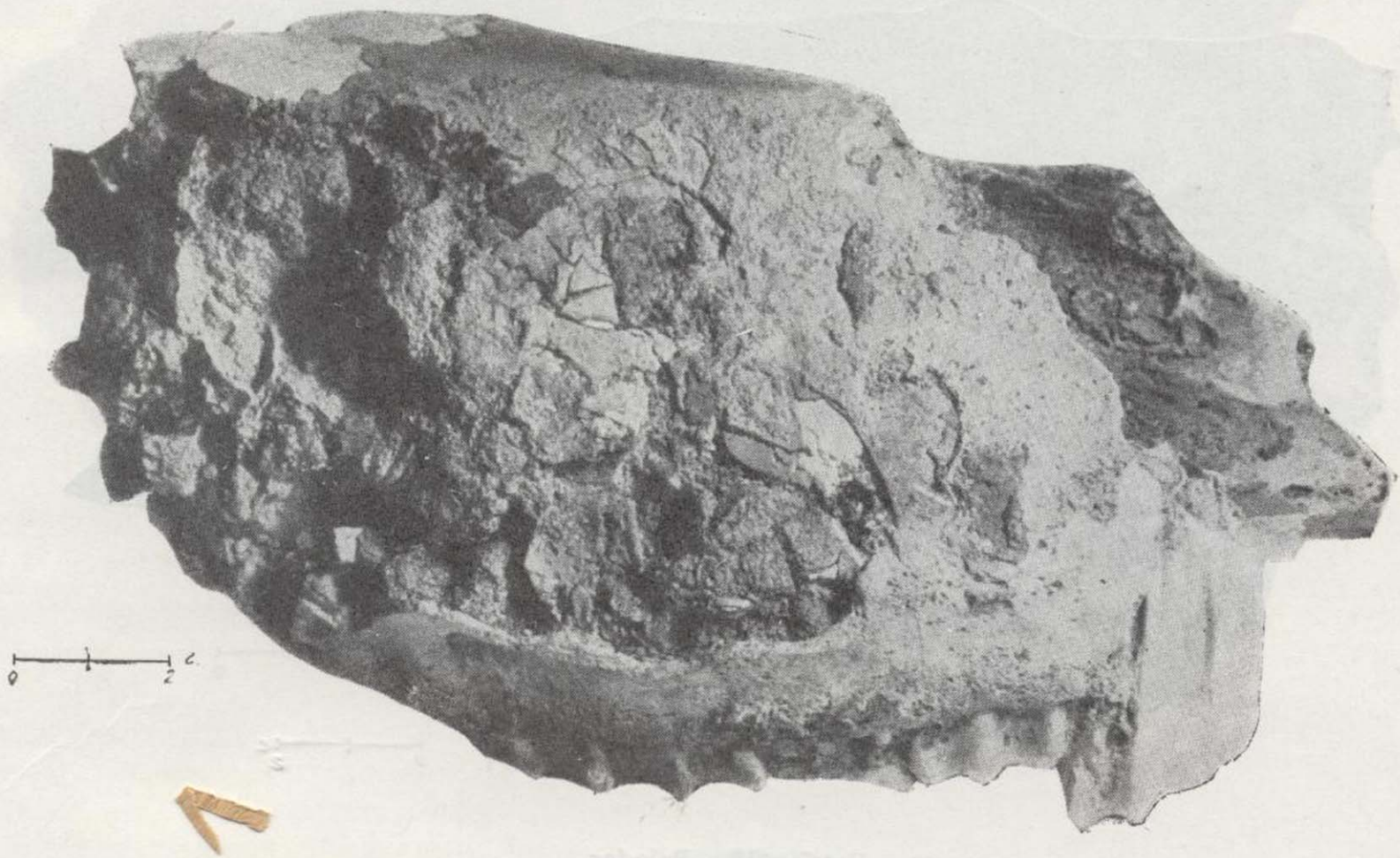


Fót. 6 v-53.—Lado izquierdo.

menos robustos que los de un adulto, que han sido la base de las mediciones de comparación. Por tanto, no podemos dar idea de la robustez de estos animales, pero sí podemos concluir que su talla, Ante los datos que acabamos de aportar, se nos plantea una duda interesante de resolver. El *Equus caballus eaensis* presenta una serie de características, tanto morfológicas como métricas comunes

Ante una visión de estas últimas medidas no podemos obtener ninguna consecuencia cierta, debido a que todos los animales encontrados eran extremadamente jóvenes, sus huesos son, por tanto,

que está relacionada con la longitud del metatarsiano, según Kiesewalter, es muy parecida a la del *Equus caballus missi*, se trata, pues, de un caballo de gran talla, aunque dentro de éstos, el menor.



Fót. 5 v-53.—Lado derecho.



Fot. 6 v-53. -Lado izquierdo.

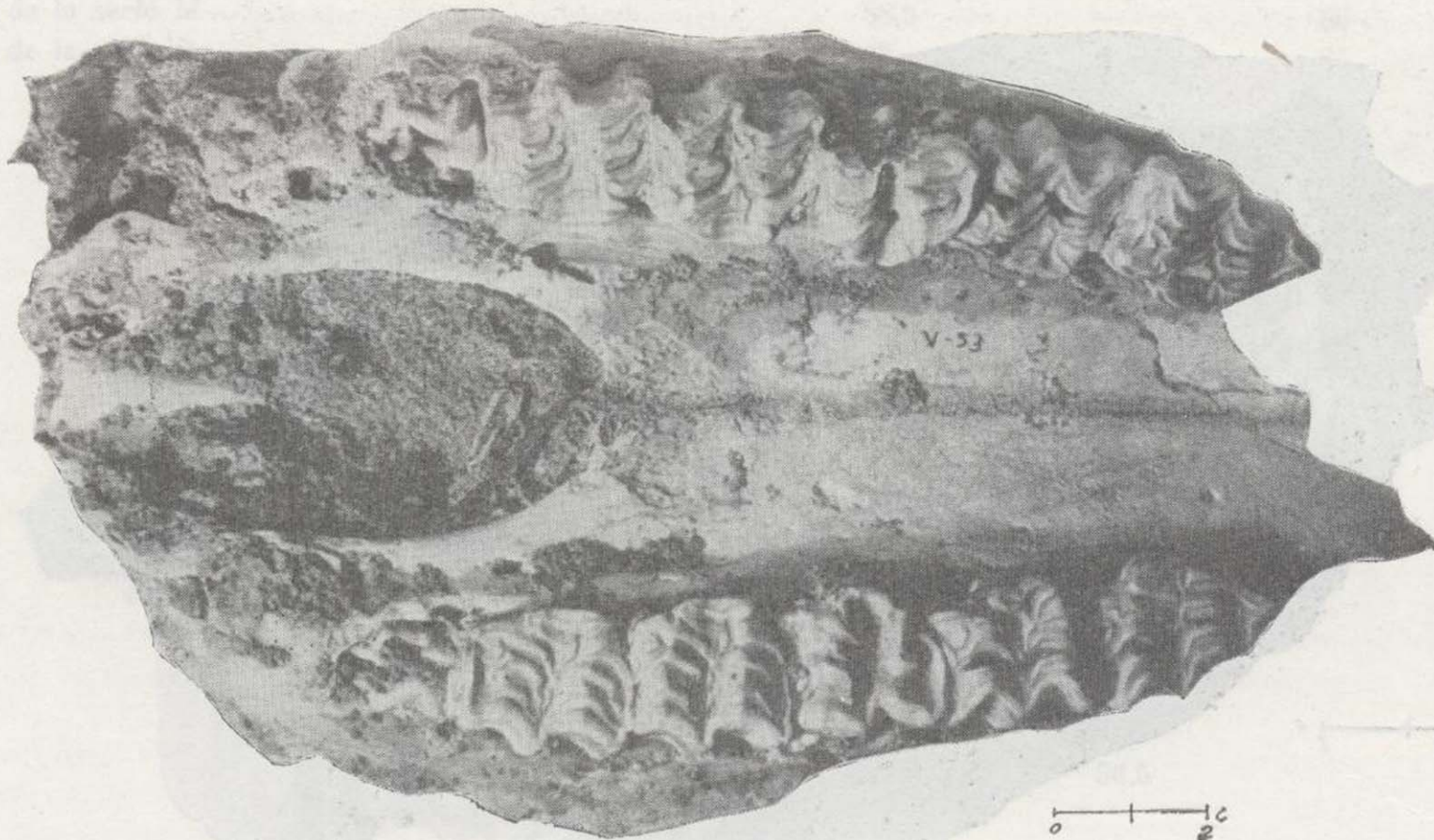
menos robustos que los de un adulto, que han sido la base de las mediciones de comparación. Por tanto, no podemos dar idea de la robustez de estos animales, pero sí podemos concluir que su talla,

Ante los datos que acabamos de aportar, se nos plantea una duda interesante de resolver. El *Equus caballus eaensis* presenta una serie de características, tanto morfológicas como métricas comunes

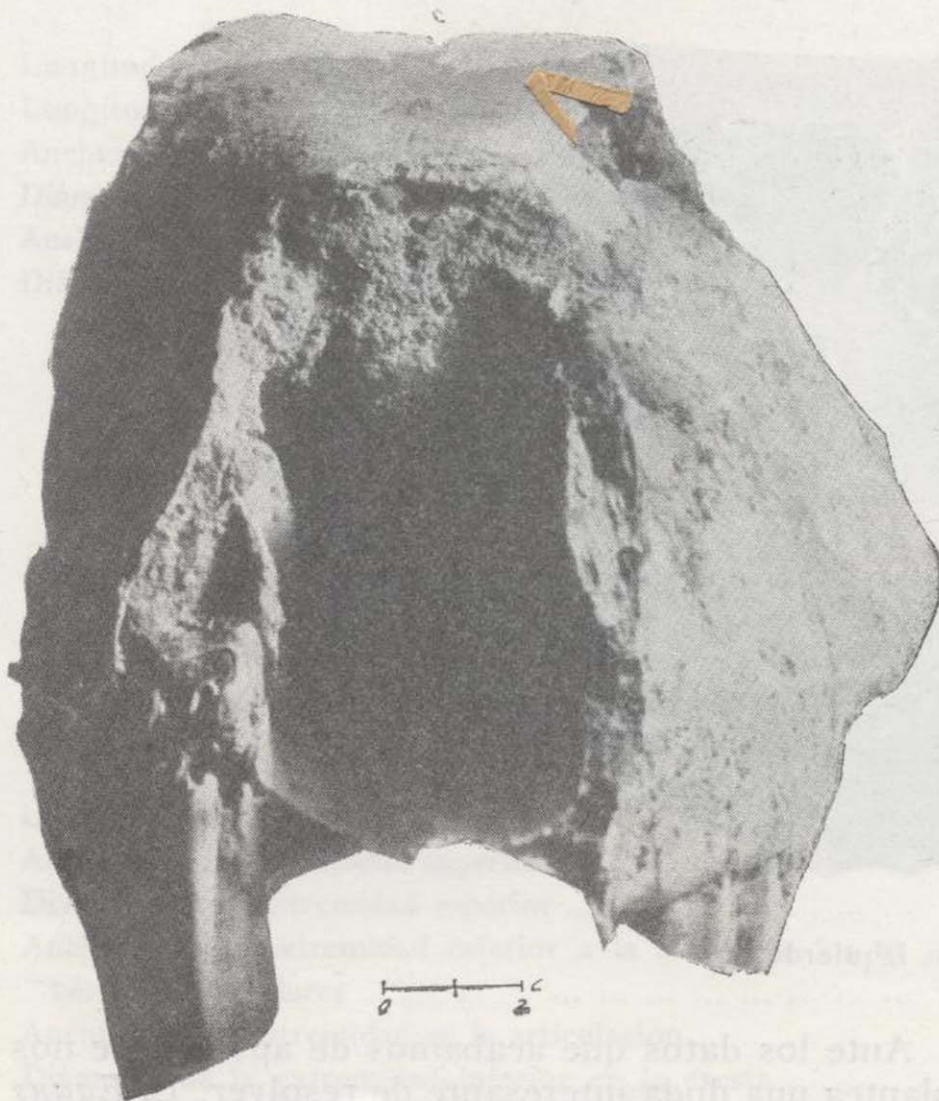


con las tres especies que hemos apuntado a lo largo de este estudio, ya que si bien posee un gran parecido morfológico con el *Equus caballus taubächensis*, las dimensiones de la dentición superior coin-

ciden con las del *Equus caballus missi*, y las dimensiones de la dentición inferior coinciden con las del *Equus caballus steinheimensis*. Estas circunstancias nos hacen dudar de la validez de la



Fot 7 v-53.—Paladar.



Fot. 8 v-53.—Puente.

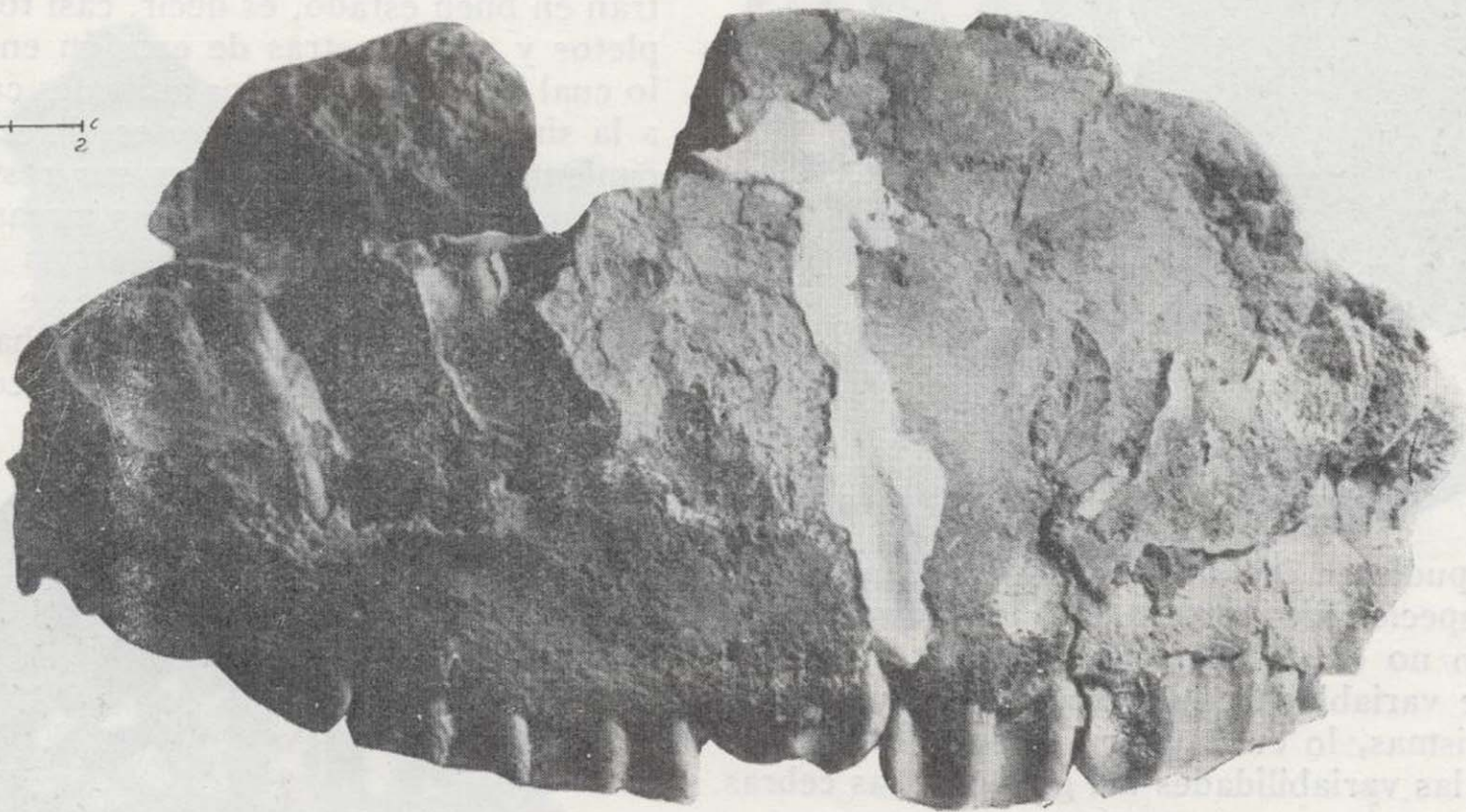
distinción entre estas variedades, supuesto que el *Equus caballus eaensis* viene a representar un estadio intermedio entre la arcaizante de Steinheim y las más evolucionadas de Taubach y Missy.

Gromova cita respecto a los caballos de gran talla del Pleistoceno medio «Caballos de gran talla, habitantes de estepas y bosques, que se hacen más pequeños conforme avanzan hacia el Norte, la diferencia entre el *E. c. missi* y sus contemporáneos occidentales de Steinheim y Taubach radica en que los dientes del primero son más pequeños, y su talla mucho menor». Los caballos de Ea vienen a contradecir esta suposición, ya que encontramos en el hallazgo más meridional de Europa restos de un *Equus* de microdontia acusadísima y talla similar a la de la variedad más oriental de Missy.

Por tanto, y abundando en el criterio de Gromova, podemos colegir que en el Pleistoceno medio aparecieron una cantidad indeterminada de variedades, o mejor sería llamarlas mutaciones locales con distintos grados de evolución, a partir de la forma post stenónica *E. c. sussenbornensis* Wust, que posee las siguientes características (Gromova):

#### *Dentición superior*

Protocono bastante largo, sillonado a veces, marcas fuertemente plegadas, gran oblicuidad de

Fot. 9<sub>a</sub>v-54.—Paladar.

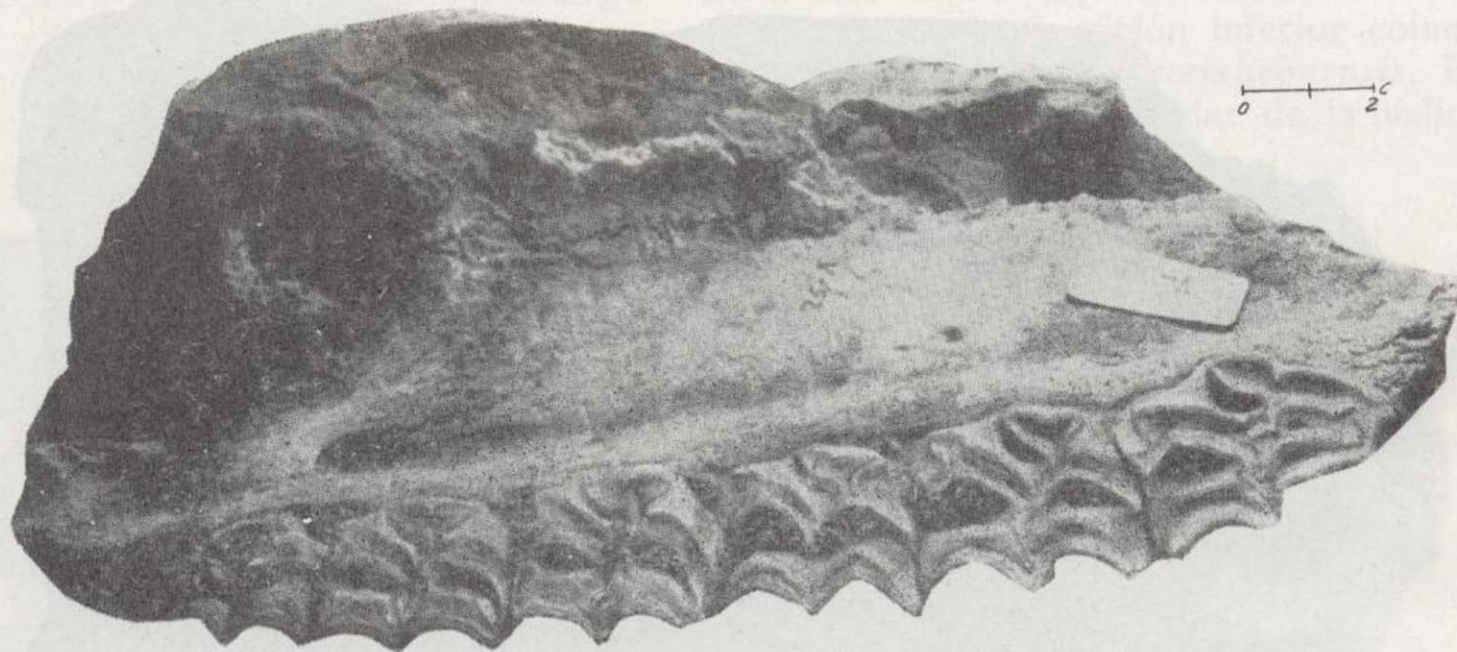
Fot. 10 v.—Lado izquierdo.

las alas intermedias, pliegues externos muy salientes.

#### *Dentición inferior*

Nudo doble dividido por una escotadura, alas largas y redondeadas, depresiones muy redondeadas.

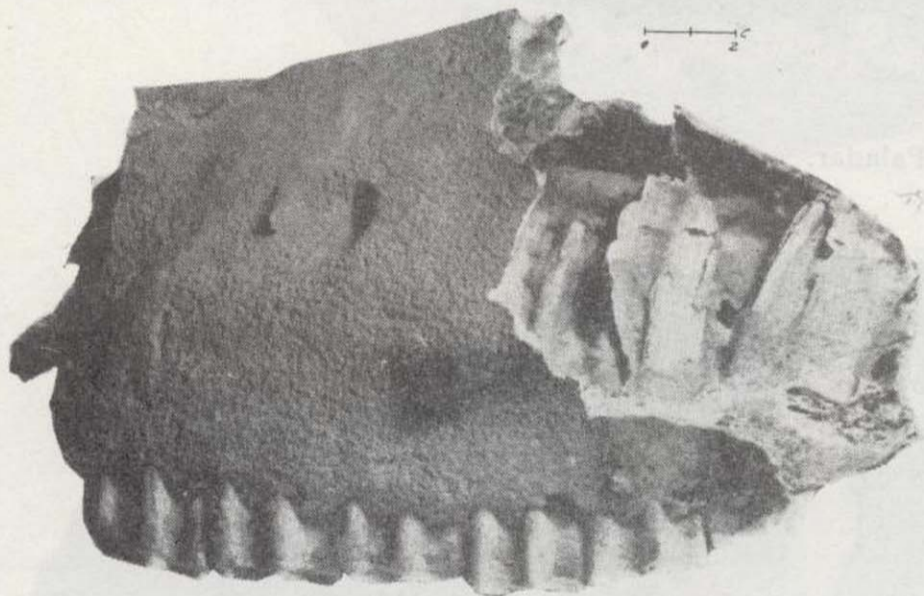
Aunque no podemos coincidir con su criterio de una mayor evolución y una talla menor según se desplaza hacia el Norte, admitimos, pues, la existencia de gran cantidad de mutaciones locales, que como tales pueden adquirir carácter y denominación propios, pero siendo imprescindible citar su estrecha dependencia del tronco común. Es posi-



Fot. 11 v-52

## GÉNESIS DEL YACIMIENTO

Evidentemente el yacimiento es de procedencia totalmente terrestre, aunque las condiciones actuales lo hagan terrestre, fluvial y marino. Según se ha dicho anteriormente, los huesos se encuentran en buen estado, es decir, casi todos ellos completos y sin muestras de erosión en su superficie, lo cual nos indica que los animales cayeron en vida a la sima, que actualmente es el recipiente del yacimiento, o fueron a parar sus restos a la sima, tras un corto arrastre por las aguas superficiales, esto parece estar indicado por la gran cantidad de piezas dentarias sueltas que se encuentran en todo el yacimiento, piezas que se han desprendido por descomposición de tejidos y acción mecánica,

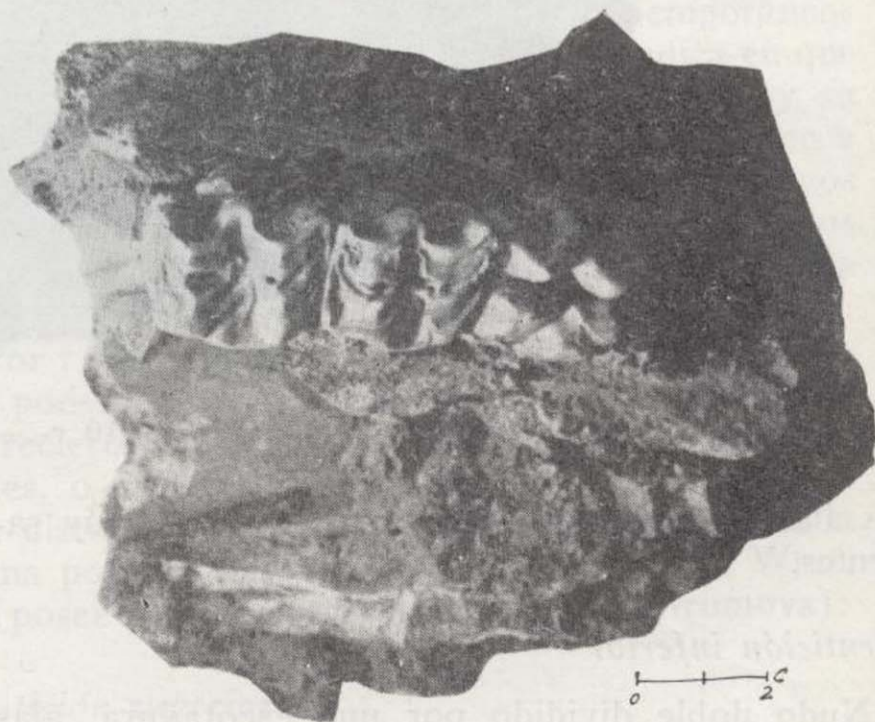


Fot. 12 v-52. Lado izquierdo.

ble que pudiesen incluirse todas estas variedades en una especie única, propia del Pleistoceno medio, pero esto no es posible hasta estudiar cuál es el grado de variabilidad que puede admitirse dentro de las mismas, lo cual, podría hacerse con un estudio de las variabilidades del grupo de las cebras.

## EVOLUCIÓN Y CRONOLOGÍA DEL YACIMIENTO

En la evolución del yacimiento, podemos distinguir tres fases fundamentales: *Génesis del yacimiento*, *Epigénesis del yacimiento* y *Evolución posterior*.



Fot. 13 v-55

y que en el caso de arrastre fluvial prolongado se habrían desprendido anteriormente. Tras la descomposición de los restos tuvo lugar su asentamiento, estratificación y fosilización.

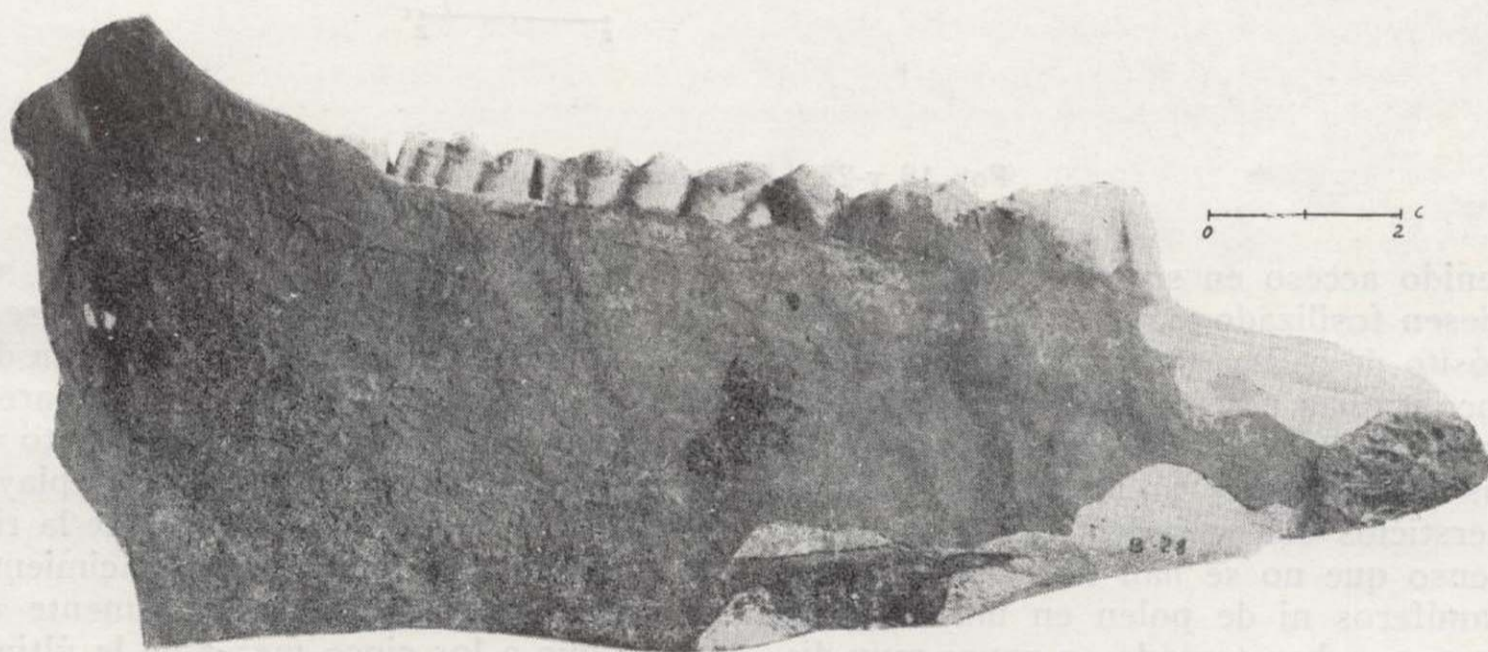
La estratificación en cavidades posee dos caracteres diferenciados, en cuevas en las que los fenómenos litogénéticos son abundantes, se puede producir una fosilización por formación de un grue-

morfo, roedores, quirópteros, etc., y polen si el yacimiento está cercano a la superficie.

Tras el proceso de asentamiento del estrato se produce su consolidación producida por precipitación del carbonato cálcico, del que van intensamente cargadas las aguas de degoteo de la cavidad, pero esta impregnación no es homogénea, sino que es zonal, ya que es más intensa en las



Fot. 14 v-28. — Lado vestibular.



Fot. 15 v-28. — Lado lingual.

so banco de caliza estalagmítica intensamente cristalizada, que engloba los restos. Si estos fenómenos de litogénesis no son tan abundantes, la estratificación tiene lugar como una formación más o menos potente, en la que los componentes más gruesos son los restos óseos, así como materiales de aporte exterior y englobándolos se encuentra la arcilla de descalcificación, en la que son siempre abundantes los restos de micromamíferos: lagoon-

zonas donde el degoteo es mayor, y además sigue las grietas que se producen en la arcilla por causa de su asentamiento, pues la velocidad de descenso de distintas zonas del estrato es desigual o bien por las grietas que se producen en la alternancia de períodos de sequía y de humedad intensa, de tal forma que se forma un enrejado de caliza estalagmítica en todo el yacimiento. Este fenómeno nos va a permitir explicar satisfactoriamente la siguiente fase.

## EPIGÉNESIS DEL YACIMIENTO

Como ya se ha indicado en páginas anteriores, la arena marina es uno de los componentes esenciales del yacimiento, puesto que se encuentra en mayor proporción que las arcillas de descalcificación. Esto no puede resultar muy extraño teniendo en cuenta la proximidad del mar, el cual tiene acceso al yacimiento, siguiendo el plano de la falla, pero este acceso no fue franco ni tuvo lugar hasta que el yacimiento estuvo totalmente consolidado y los restos suficientemente fosilizados, puesto que



Fot. 16 v-28.—Superficie oclusiva.

de haber tenido acceso en su formación, los restos no hubiesen fosilizado y no se hubiese producido el depósito de caliza estalagmítica. Como los restos se encontraban perfectamente consolidados, la acción marina tuvo un efecto de lavado eliminando los componentes arcillosos que rellenaban los intersticios del yacimiento, y este lavado fue tan intenso que no se han encontrado restos de micromamíferos ni de polen en una veintena de muestras que se han tomado en zonas muy distintas del yacimiento, lo que nos hace pensar que la arcilla de descalcificación hoy presente en el yacimiento no es coetánea a los restos, sino posterior, como producto de la degradación de la caliza estalagmítica que consolida los restos.

Los componentes arcillosos fueron sustituidos por arena marina, arena que examinada por el señor Saavedra, del Laboratorio de Micropaleontología de este centro, no arrojó ningún dato de interés. Se trata de una arena de playa cuaternaria de una profundidad de cero a cinco metros. Pero esta deposición de arena no parece ser debida al oleaje, ya que éste posee un carácter compensador, es decir, que el aporte y el arrastre suelen ser equi-

valentes. Más bien parece proceder de un proceso de disolución de la arcilla y sedimentación gradada de arena, lo que sólo sería posible si el fondo de la ría estuviese al mismo nivel que el yacimiento, y con una vía limitada de comunicación entre ambos.

## EVOLUCIÓN POSTERIOR

A los procesos anteriores siguió tras un lapso de tiempo indeterminado un descenso del fondo de la ría, que pudo obedecer a dos fenómenos distintos:

Levantamiento costero, del que no se observan muestras, o descenso del nivel de base, lo que llevaría al río a buscar una nueva curva de equilibrio ahondando su cauce. Caso que nos parece más probable, de tal forma que el yacimiento viene a ser, al menos en parte, resto de una playa fósil. En época muy posterior, el acceso de la ría a la sima se hizo total, de forma que el yacimiento expuesto al oleaje está siendo continuamente erosionado, tanto que a los cinco meses de la última recogida de restos, que debió debilitar su cohesión, en una última visita hemos podido constatar que la erosión ha avanzado muy notablemente.

## CRONOLOGÍA DEL YACIMIENTO

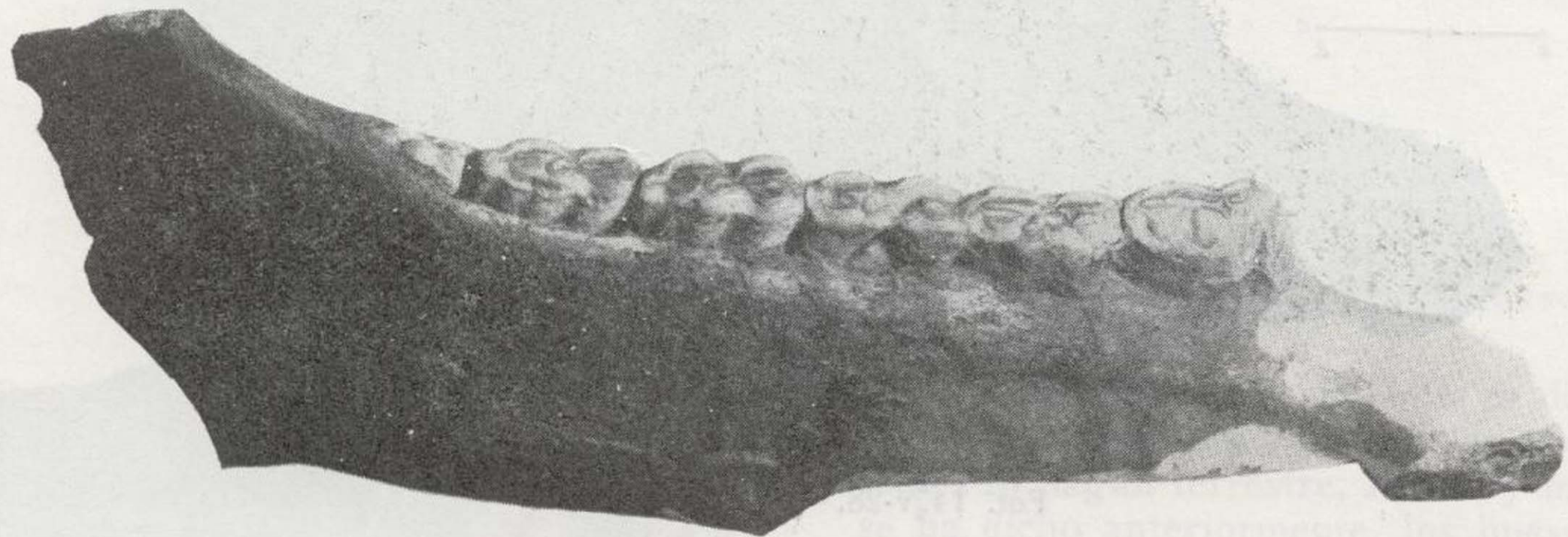
Hemos clasificado estos restos como pertenecientes a una rama común, a la que pertenecen las variedades *E. c. taubachensis*, del Pleistoceno medio, *E. c. steinheimensis* del Riss, y el *E. c. missi*, del Pleistoceno medio en todo su desarrollo. La variedad *E. c. var eaensis nov. var.*, será, pues, coetánea con las citadas anteriormente. En el Cua-

## BIBLIOGRAFÍA

ternario medio, los vertebrados de gran talla que predominaron en nuestro país fueron: el ciervo, *Cervus claphus*, y el caballo, distribuidos indistintamente en régimen forestal o de pradería, observándose una disminución en la proporción de équidos en épocas frías. La abundancia de restos en este yacimiento nos indica la existencia de grandes hordas de caballos, posiblemente a finales del Gran Interglaciario pre Risiense, que dieron origen al yacimiento. A lo largo del Risiense se produjo un descenso del nivel de base del río, a causa de la formación de hielos, cuyo cauce se ahonda y el yacimiento queda colgado.

- (1) ESPEJO, J. A. y DE T. DE TORRES, T.: *Nota previa sobre el descubrimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya)*. «Boletín Geológico y Minero», t 80, fasc. II, págs. 25-27, 1969.
- (2) DAVIS, J. and SAMPSON, R.: *Fortran II program for multivariate discriminant*, «State Geol. Surv. Univ. of Kansas», 1966.
- (3) CRUSAFONT PAIRO, M.: *Los castores fósiles de España*. «Bol. I. G. M. E». t. 6, págs. 325-449, 1948.
- (4) GROMOVA, V.: *Histoire des chevaux de l'ancien monde*. «Trav. Inst. Acad. Paleon. Aca. Sci. URSS», 1949.
- (5) LAVOCAT, R.: *Faunes et flores préhistoriques*, 1966.

Recibido: el 28-VI-70.



Fot. 16 v-28. —Superficie oclusiva.

## Nota sobre una discordancia posiblemente precámbrica al SE. de la provincia de Badajoz y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes (\*)

por N. LLOPIS LLADO (\*\*), M. A. DE SAN JOSE LANCHI (\*\*\*) y P. HERRANZ ARAUJO (\*\*\*\*)

### RESUMEN

El presente trabajo muestra la existencia de una discordancia angular de posible edad precámbrica al SE. de Badajoz, entre un zócalo de micasquistos plegados en dirección NE.-SW., y un conjunto de series detríticas de dirección armoricana (NW.-SE), cuya base puede pertenecer al Precámbrico IV, culminando en un Devónico bien datado paleontológicamente.

### ABSTRACT

This work shows the existence on the southeastern Badajoz of a discordance which age could be Precambrian, between a micaschist socle in NE-SW direction folded, and a ensemble of NW-SE detritical series which basis could be IV-Precambrian, and culminated for a well-dated paleontologically Devonian.

### I. LA DISCORDANCIA DE PERALEDA DE ZAUCEJO

Al SE. de la provincia de Badajoz, la amplia cuenca de Peraleda de Zaucejo está constituida por un zócalo de micasquistos muy tectonizado, con micropliegues de dirección general comprendida entre N. 10° E. y N. 60° E., que ocupa la parte plana de la cuenca, recubierto en discordancia

(\*) Esta nota es el fruto de los últimos trabajos de campo realizados por el Dr. D. Noel Llopis Lladó a finales de enero de 1968, durante un viaje de revisión de las Tesis Doctorales por él dirigidas en Extremadura. La redacción original de este trabajo, corregida por él mismo, se concluyó pocos días antes de su trágica desaparición, y hoy se vierte puesta al día y complementada con nuevas observaciones, obtenidas durante el curso de dichas Tesis. Sirva este trabajo de homenaje a su memoria.

(\*\*) Catedrático de Estratigrafía de la Univ. de Madrid, fundador y director del Instituto de Geología Económica del C. S. I. C., fallecido el 14 de febrero de 1968.

(\*\*\*) Geólogo. Instituto Geológico y Minero de España.

(\*\*\*\*) Geólogo. Instituto de Geología Económica (C. S. I. C.).

angular muy neta (como puede observarse en el Arroyazo, 500 m. al N. del pueblo), por una potente serie detrítica de dirección armoricana NW.-SE.

En dicho punto aparecen, en el mismo cauce del arroyo, unos esquistos moscovítico-cloríticos muy cuarzosos. El intenso grado de alteración de todas las muestras impide precisar si la clorita marca una facies de metamorfismo o procede en su mayor parte de la biotita aún presente. Existen plagioclasas, algunos opacos idiomorfos y apatito accesorio, además de abundantes lentejones arenosos de pequeño tamaño (2-5 cm.), y segregaciones de cuarzo de aspecto glandular. El conjunto está muy replegado, siendo visibles en el campo pliegues mayores a escala métrica y micropliegues de aspecto ptigámico de hasta 6-8 cm. de radio. Los ejes mayores de éstos son prácticamente horizontales, conservando la misma dirección NE.-SW., de las estructuras mayores. En campo, la serie presenta un color gris acerado brillante, destacando segregaciones cuarzosas y pegmatitas lenticulares o glandulares. El conjunto parece haber sido bastante peneplanizado con anterioridad a la deposición de la serie detrítica suprayacente.

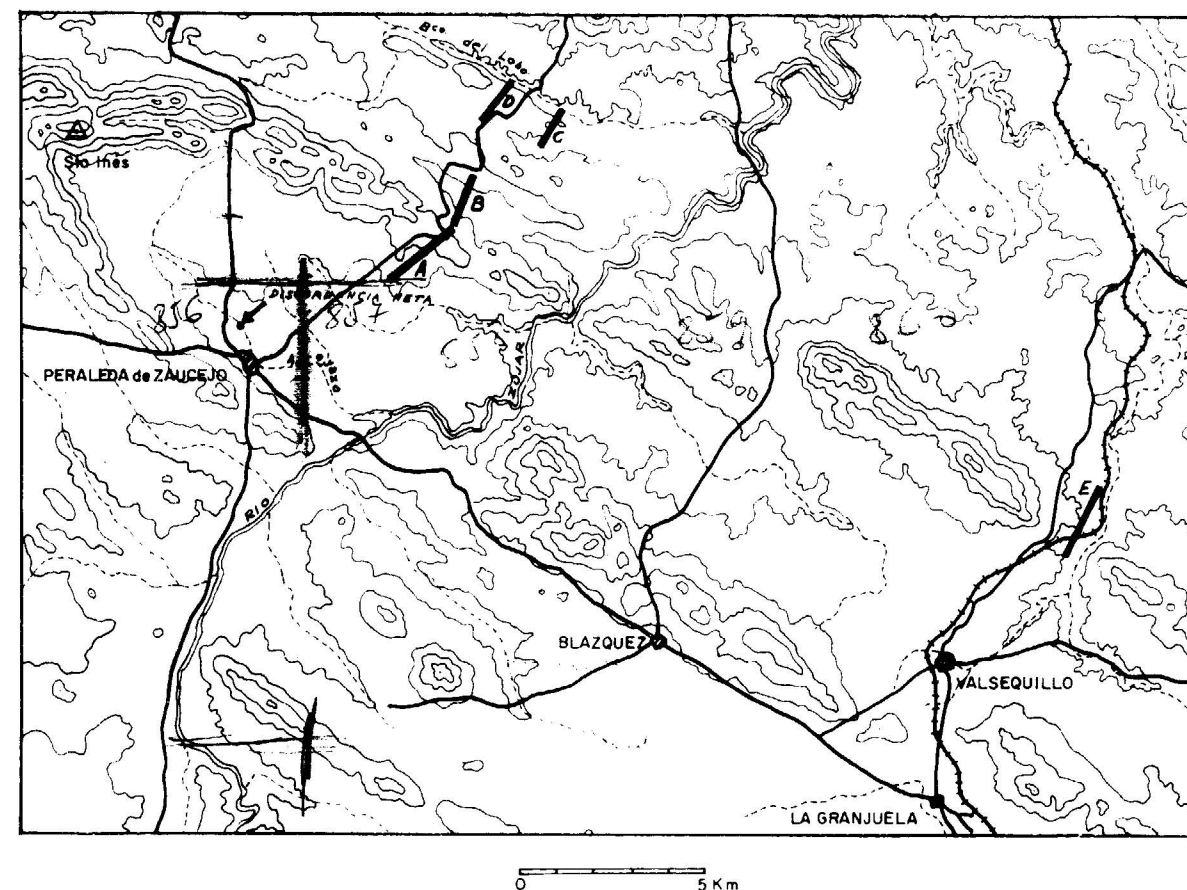


Fig. 1.—Plano de situación de la discordancia de Peraleda y de las series estudiadas.

### II. SERIES PALEOZOICAS CIRCUNDANTES

En clara discordancia angular con los citados micasquistos aparece una potente serie detrítica, que recientemente ha sido referida al Devónico (Férel Molinero, T. y Sáez de Santamaría, J. 1964) o su proximidad a afloramientos de rocas de dicha edad cerca de Valsequillo (Férel Molinero, T., 1963). A lo largo de la margen derecha del arroyo 500 m. al N. de Peraleda se observa un pequeño inclinal de unos 6-8 m. de radio, cuyos flancos no llegan a buzar más de 30°, seguido de un anticlinal aún más pequeño, que da paso a una serie que definitivamente, y durante varios cientos de metros, buza (entre 15 y 20°) al SW. En conjunto, en detalle se conservan rigurosamente las direcciones próximas a la NW.-SE. En las proximidades del contacto estudiado, la serie comienza con microconglomerado predominantemente cuarzoso, al que aparecen clastos de rocas granudas finas indeterminables (¿micrograuvacas?). Matriz fina

micácea, predominantemente sericitica y algo talcosa. Los 200 m. iniciales de la serie son semejantes, con niveles de areniscas o de conglomerados de cantos de rocas ácidas piroclásticas en su mayor parte (carretera a Zalamea). La esquistosidad de carga puede ser patente. En puntos próximos (aguas abajo del Arroyazo, salida de la carretera a Monterrubio), el tramo basal de la serie discordante lo forman conglomerados o brechas de matriz diversa y cantos menudos de cuarzo exclusivamente (12-15 metros de espesor). La serie se hace mucho más potente y heterogénea en el flanco NE. del anticlinorio hercínico.

Unos 5 km. al NE. de Peraleda, en la carretera de Monterrubio y sin contacto visible con los micasquistos, debido al recubrimiento de fanglomerados pliocuaternarios (rañas), comienza una serie detrítica de dirección NW.-SE., idéntica a la que aparece sobre el zócalo de micasquistos en el Arroyazo, buzando más de 75° al NE. A grandes rasgos consta de:

Serie A (605-636 m.).—Muro: *Micasquistos recubiertos por rañas*

- 1) 150 m. de microconglomerados gris claros a verdosos con intercalaciones lenticulares de conglomerado o brecha poligénica en que predominan los cantos de cuarzo lechoso de tamaño inferior a 4 cm. (inmediatamente al NW. de Peraleda los hay rodados procedentes de rocas efusivas ácidas y piroclásticas).

El grano se hace menor hacia el techo, desapareciendo los lentejones conglomeráticos, hasta pasar a areniscas gruesas gris claras, ocres o rojizas por alteración, con pizarrosidad neta característica, aunque menos intensa que en otros puntos.

La abundante matriz sericítica proporciona el color claro o verdoso, y al microscopio muestra una disposición laminar que se adapta a los clastos de cuarzo, angulosos y con imbricaciones sencillas en el contacto.

El salto de metamorfismo con respecto al muro de micasquistos es evidente.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 2) 20 m. de areniscas claras de grano medio a grueso, pardorrojizas por alteración y disgregación en bolas en zonas de intenso diaclasado. Pizarrosidad poco patente, dando un conjunto monótono y de estratificación poco clara.
- 3) 50 m. de areniscas ocre con abundante matriz arcillolotalcosa. Algunos niveles con aspecto superficial de cuarcita.
- 4) 15 m. de areniscas amarillentas como las anteriores, finamente estratificadas en bancos de 15 cm.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 5) 10-15 m. de arenisca pasando a pizarra arenosa y finalmente a pizarras arcillosas muy hojosas y alteradas, grises a violáceas.
- 6) 25 m. de alternancia de areniscas compactas grises de grano medio con otras fuertemente pizarrosas y localmente negruzcas.
- 7) 5 m. de arenisca de grano medio a fino, compacta, con segregaciones irregulares de cuarzo.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 8) 20-25 m. de arenisca grauváquica con matriz arcillosa a sericítica, verdosa o blanca.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 9) 35-40 m. de areniscas semejantes a las anteriores, con matriz más escasa. Tramo muy recubierto.
- 10) 30 m. de arenisca gruesa pasando insensiblemente a mi-

croconglomerado. Algunos niveles, con matriz casi inexistente, son prácticamente cuarcitas. Hacia el centro del paquete, lentejones de conglomerados con cantos redondeados de cuarzo lechoso, de hasta 5 cm, de diámetro. Hay segregaciones compactas de cuarzo de hasta 15 cm., de diámetro. Matriz en general muy escasa.

11) 20 m. de arenisca blanca masiva de grano medio a grueso, con abundante matriz clara, muy fisurada.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 12) 35-40 m. de conglomerados dispersos en la base y areniscas. Los cantos son de cuarzo, de hasta 5 cm. de diámetro. Hacia el techo arenisca masiva blanca.
- 13) 15 m. de arenisca con escasa matriz, pasando localmente a cuarcita.
- 14) 15 m. de arenisca muy alterada, pasando a cuarcita.

— — — — Fractura de pequeño salto — — — —

- 15) 3-4 m. de pizarras arenosas nodulosas grises, muy tectonizadas.
- 16) 8-10 m. de arenisca tectonizada, en tránsito a cuarcita, muy alterada y recubierta, en bancos regulares de 50 centímetros y con venillas de cuarzo según estratificación.
- 17) 2-3 m. de areniscas arcillosas claras, tectonizadas y alteradas.
- 18) 60 m. de bancos verticales cada vez más gruesos de cuarcitas grises o blancas y microconglomerados de cantos de cuarzo de hasta 1 cm. Hacia el techo los estratos son cada vez más delgados, pasando a una alternancia de cuarcitas pardas finas y areniscas bastas lajosas, con escasos niveles arcillosos en el techo. Frecuentemente filoncillos de cuarzo a través de fracturas de pequeño salto. Localmente buzamientos invertidos de hasta 70° SW. Este tramo resalta morfológicamente como una crestería que rodea al núcleo de micasquistos del anticlinal de Peraleda.
- 19) 85-100 m. (Tramo blando, prácticamente cubierto de coluviones, en cuyo único afloramiento aparecen limolitas arcillosas apizarradas, violáceas o asalmonadas, tornasoladas, deleznales y con abundante moscovita detritica.

Superpuesta a la serie A y en posible discordancia cartográfica con ella, sólo observada a escala regional, puede estudiarse la siguiente sucesión transgresiva sobre la anterior y caracterizada por la existencia de niveles de cantos y de pistas inclasificables:

Serie B (325 m.).—Muro: *recubrimiento coluvial*.

- 1) 5-6 m. de limolitas moscovíticas rojo-violáceas tornasoladas y deleznales, semejantes al tramo 19 de la serie A.

- 2) 6 m. de alternancias finas de cuarcitas areniscosas apizarradas con areniscas blandas.

— Fractura de pequeño salto cementada por cuarzo —

- 3) 15 m. de areniscas pizarrosas alternando con cuarcitas pardas delgadas más abundantes hacia el techo.
- 4) 8 m. de limolitas moscovíticas semejantes al tramo 1.
- 5) 10 m. de areniscas blandas, bastas, de grano medio, pasando a limolitas apizarradas claras.
- 6) 6 m. de alternancias de cuarcitas pardas y blancas, areniscas y limolitas.
- 7) 1 m. de arenisca blanda, basta, como el tramo 5.
- 8) 4 m. de limolitas pizarrosas asalmonadas como 1.
- 9) 3 m. de arenisca blanda, basta, de color gris, semejante a 5.
- 10) 7 m. de alternancias de cuarcitas pardas con areniscas blandas y pizarras verdosas.
- 11) 35 m. Tramo formado por diversas secuencias de cuarcitas blancas y pizarras alteradas verde-amarillentas. En la base las cuarcitas están microestratificadas. Hacia el techo las secuencias tienen ritmo cada vez más lento. Las cuarcitas engloban algún nivel esporádico de cantos.
- 12) 14 m. Pizarras alteradas claras, algo arenosas.
- 13) 25 m. Microconglomerados que pasan a arenisca gruesa, compacta.
- 14) 7 m. Pizarras gris azuladas alteradas con aspecto de roca efusiva básica alterada.
- 15) 10 m. Cuarcitas blancas, microestratificadas en la base, con vetas de cuarzo y con intercalación de areniscas pizarrosas amarillentas.
- 16) 55 m. Tramo detritico progresivamente pelítico hacia el techo. Los 10 m. inferiores son pizarras arenosas alteradas, verdosas o amarillentas, con una intercalación de cuarcitas. En el resto aparecen pizarras verdosas o amarillentas alteradas, con niveles esporádicos de pizarras más arenosas.
- 17) 15 m. Cuarcitas microestratificadas, en capas de 0,2 a 0,5 m.
- 18) 75 m. Pizarras arenosas amarillentas alteradas, con una intercalación hacia el centro de 5 m. de pizarras violáceas
- 19) 17 m. Cuarcitas claras en bancos finos (2 m.), pasando hacia el techo a una secuencia de cuarcitas delgadas con pizarras arenosas.
- 20) 10 m. Pizarras arenosas amarillentas alternando con areniscas.

Techo: No visible debido a los recubrimientos.

Esta serie destaca morfológicamente como un segundo crestón duro que circunda, junto con el formado por la serie A, la cuneta de Peraleda y su núcleo más antiguo discordante.

A lo largo de la carretera, continúan afloramientos dispersos hacia el NE., ya que los recubrimientos son cada vez más importantes. Ya en el Ba-

rranco del Lobo se presentan nuevos afloramientos continuos donde han podido tomarse dos fragmentos de series indiscutiblemente devónicas, a pesar de no haberse podido clasificar aún los restos fósiles encontrados. La primera de ellas consta, de muro a techo, de los siguientes litotopos:

Serie C (140 m.).—Muro: *recubrimiento*.

- 1) 3 m. Arenisca compacta en tránsito a cuarcita, parda rojiza.
- 2) 2 m. Pizarra arenosa parda.
- 3) 3 m. Ortocuarcita parda rojiza.
- 4) 15 m. Pizarras arenosas pardas.
- 5) 2 m. Arenisca parda compacta, en bancos finos.
- 6) 3 m. Pizarra arenosa ferruginosa, rojiza.
- 7) 3 m. Arenisca compacta en bancos finos, parda.
- 8) 6 m. Arenisca ferruginosa rojiza deleznable con estratificación irregular.
- 9) 25 m. Caliza organoclástica marmórea, masiva, gris a gris azulada, con un nivel a 10 m. de la base con abundantes restos de crinoideos y braquiópodos, sin presencia de corralios.
- 10) 15 m. Pizarras verdosas o amarillentas, satinadas, no micáceas.
- 11) 15 m. Caliza organoclástica gris con restos de crinoideos.
- 12) 4-5 m. Caliza brechoide masiva con favosítidos.
- 13) 3-4 m. Caliza gris masiva con estromatopóridos.
- 14) 15 m. Calizas grises con lechos de pizarras intercaladas.
- 15) 0,5 m. Calcarenitas con microestratificación.
- 16) 22 m. Calizas estratificadas o masivas con intercalaciones arenosas o pelíticas.

La siguiente serie, fragmentaria, fue tomada en el Barranco de las Caleras, y en la misma carretera. Ofrece:

Serie D (504-477 m.).—Muro: *recubrimiento*.

- 1) 25 m. (vistos). Cuarcitas claras.
- 2) 10-12 m. Areniscas ferruginosas rojas.
- 3) 14-16 m. Pizarras ferruginosas, arenosas.
- 4) 15 m. Areniscas ferruginosas.
- 5) 20-25 m. Calizas grises, masivas.
- 6) 10-12 m. Pizarras oscuras arcillosas.
- 7) 20-25 m. Caliza gris, crinoídica en el techo, con corales aislados unos 5 m. por debajo de éste.
- 8) 25 m. Pizarras silíceas verdosas.
- 9) 5-6 m. Arenisca gris verdosa.
- 10) 80-100 m. Tramo blando (probablemente con fractura), oculto por derrubios
- 11) 35 m. Cuarcitas ferruginosas.
- 12) 45-50 m. Pizarras pardas algo arenosas, moscovíticas
- 13) 25-30 m. Calizas arenosas con restos de braquiópodos.
- 14) 50 m. (vistos). Calizas grises con fragmentos de crinoideos.



15) 125-150 m. (vistos). Pizarras alteradas, muy recubiertas, en parte claras, talcosas y hojosas, con alguna intercalación de lavas espiliticas, sobre todo en el techo.

Varios km. al SE., al Norte de Valsequillo, a lo largo de la trinchera del F. C. Córdoba-Almorchón, existe una serie indiscutiblemente devónica (Febrel Molinero, T., 1963), formada, de muro a techo, por los litotopos siguientes:

Serie E (554-672) m.—Muro: recubrimientos

- 1) 25-30 m. (vistos). Pizarras alteradas, muy recubiertas, formando anticlinal.
  - 2) 8-10 m. Cuarzitas blancas.
  - 3) 5 m. Areniscas de grano fino a medio, con clastos de cuarzo transparente, recristalizado, con escaso cemento rojizo.
  - 4) 10 m. Cuarzita blanca, algo más impura que 2.
  - 5) 15 m. Pizarras hojosas, muy alteradas, casi por completo recubiertas.
  - 6) 20 m. Cuarzitas claras, en bancos gruesos.
  - 7) 25-30 m. Pizarras alteradas, muy recubiertas.
  - 8) 18-20 m. Cuarzitas claras en bancos regulares.
  - 9) 25 m. Pizarra arenosa fina (casi subgrauvaca), pardo grisácea, alterada a ocre.
  - 10) 12 m. Grauvaca de grano muy fino, con marcada pizarrosidad y abundante moscovita.
  - 11) 140-160 m. (vistos). Tramo blando, en su mayor parte oculto. de limolitas pizarrosas muy alteradas, blanco grisáceo a ocre. Hacia la base, 30 metros de intercalaciones areniscosas de grano fino, verdosas o rojizas, con zonas estratiformes ferruginosas.
  - 12) 18-20 m. Cuarzitas gris claro, de grano fino, en capas de 0,40 metros alternando con otras de 0,03-0,04 metros. Superficies de estratificación moscovíticas.
  - 13) 15 m (vistos). Arenisca ortocuarcítica gris verdosa, moteada de oligisto alterado.
- Se interrumpe la serie por contacto con granito, pero puede seguirse, con seguridad, más al N. con pérdida de escasos metros de afloramiento.
- 14) 8-10 m. Arenisca pizarrosa pasando en el techo a pizarra arenosa, verde parduzca por alteración.
  - 15) 10 m. Pizarras tectonizadas, friables, pardas verdosas.
  - 16) 1 m. Calizas grises en bancos de 0,1 a 0,2 m. (comienzo de la serie del Peñón Cortado).
  - 17) 8 m. Pizarras verdes, con cuarcitas en niveles de 0,02 metros en el techo.
  - 18) 15 m. Alternancia de calizas grises oscuras, lumaquéllicas, de 0,2-0,3 m., con pizarras delgadas, verdes o amarillentas y con calizas masivas, organoclasticas, al techo. Facies nodulosas, a veces con cantos transportados en la base. Con *Trigleria adrieni* V. A., *Schizophoria* s. p., *Euryspirifer paradoxus* Schloth, y abundantes braquiópodos no clasificables.

- 19) 1 m. Lumaquela en caliza margosa apizarrada, color ocre. Algunos niveles calcopelíticos presentan un color verde amarillento, otros son gris oscuros y de superficie lustrosa. Con *Athyris campomanensi*, V. A., *Tannopora* s. p., *Fenestella* c. f. *bouchardi*, *Orthis* s. p. y abundantes crinoideos y corales solitarios.
- 20) 8,5 m. Pizarras verdes.
- 21) 11,2 m Alternancia de calizas lumaquéllicas, organoclasticas y crinoídicas con calizas margosas y arenosas y con pizarras verdes de poco espesor, a veces onduladas. Con *Schizophoria* s. p., *Tannopora* s. p., y braquiópodos transportados.
- 22) 4,65 m. Alternancia de biostromas calizos con pizarras verdes y calizas crinoídicas y organoclasticas. Los biostromas con *Dysphillum*, s. p., *Fenestella*, s. p., *Fenestellina*, s. p., briozoos, estromatopóridos laminares y algunos braquiópodos. En el muro, los *Dysphillum* se intercalan con tabulados y están tumbados y ordenados paralelamente a la estratificación. Techo organoclastico.
- 23) 16 m. Caliza organoclastica crinoídica gris, con superficies de estratos irregulares y lustrosas. Bastante espatizada, y con abundantes fragmentos de *Spirifer* s. p. estromatopóridos y crinoideos.
- 24) 5,5 m. En la base, caliza crinoídica nodulosa con niveles pizarrosos gris violáceos, concentraciones de pirita y artejos de *Pentremites* s. p., pasando a caliza crinoídica poco pizarrosa, con niveles de color sucio de limos calcáreos con *Schielwienella* s. p., *Athyris pelapayensis* Vern e. Arch y *Spirifer* s. p.
- 25) 6,3 m. Secuencia de pizarras verdes y calizas organoclasticas, crinoídicas, a veces margosas, de ritmo rápido hacia el techo. Base pizarrosa.
- 26) 12 m Calizas grises organoclasticas, pasando a nodulosas y a organoclasticas espatizadas masivas en el techo.
- 27) 21 m. Pizarras pardo-verdosas.
- 28) 4 m. Secuencia caliza gris-pizarra verdosa.
- 29) 3 m. Calizas en capas delgadas, onduladas, con restos de braquiópodos.
- 30) 4 m. Pizarras verdosas.
- 31) 8,40 m. Calizas algo margosas, en la base gris amarillentas, pasando a grises.
- 32) 80 m. Tramo oculto por coluviones, posiblemente pizarroso, blando. Incierto.
- 33) 2,5 m Caliza de estromatopóridos.
- 34) 10 m. Caliza margosa.
- 35) 3 m. Caliza crinoídica gris, organoclastica.
- 36) 5 m. Pizarras verdosas.
- 37) 1 m. Caliza crinoídica.
- 38) 3 m. Pizarras verdosas.
- 39) 0,8 m. Calizas con crinoideos y braquiópodos.
- 40) 60 m. Alternancia de pizarras verdosas a grisáceas con bancos finos de areniscas pizarrosas pardas, a veces con braquiópodos, y con delgados niveles dispersos de calizas grises, lenticulares, que aparecen hacia la mitad de la alternancia, siendo cada vez más abundantes hacia la base.

Esta serie continúa hacia el techo con afloramientos dispersos, predominantemente pizarrosos, con intercalaciones diabásicas y culminando en más de 200 m. de alternancias de pizarras, areniscas y paquetes cuarcíticos, hasta desaparecer bajo los conglomerados carboníferos discordantes.

### III CRONOLOGÍA

La fauna clasificada en la parte superior caliza de la serie E, indica para ésta, una edad posiblemente Emsiense (D<sub>3a</sub>), o por lo menos Devónico inferior alto, correspondiendo esta sucesión con la descripción clásica de la serie tipo devónica en la Submeseta S (Llopis Lladó, N. et al., 1967). Es de destacar, no obstante, un aumento considerable de potencia, seguramente a expensas de un menor desarrollo de la laguna mesodevónica, y una «ascensión» de las facies talasógenas calcáreas en el tiempo, hasta un posible Emsiense (D<sub>3a</sub>). Esta serie es semejante en sus tramos a la serie D (Barranco de las Caleras), un fragmento de la cual aparece más al NE. y se ha denominado serie C, de lo cual se deduce que éstas son indiscutiblemente devónicas.

Sobre el Devónico de Valsequillo (serie E), se han modelado (fig. 1) una serie de alineamientos topográficos orientados de NW. a SE., en la misma dirección que la estructura armoricana. Estos alineamientos llegan hasta el NE. de Peraleda, donde ya están constituidos por materiales de las series A y B. Pero si bien la topografía del N de Valsequillo es a grandes rasgos continuación de la del NE. de Peraleda, el estudio tectónico revela la existencia de fallas que ponen en contacto, sobre una misma línea topográfica, materiales de las series A y B con los de la E. A pesar de que las partes inferior y superior de la serie E, devónica, puedan tener alguna semejanza con las series A y B, las diferencias litológicas y estratigráficas son muy netas:

1. Ausencia de calizas en las series A y B.
2. Caracteres más cuarcíticos en éstas que en la E.
3. Presencia de pistas en la serie B, muy poco frecuentes en el Devónico.
4. Ausencia total de fósiles en las series A y B, contra la abundancia, sobre todo, de lumaquelas de braquiópodos, en areniscas y calizas del Devónico.
5. Presencia de las series C y D, devónicas, sobre A y B en el Barranco del Lobo (carretera de Peraleda a Monterrubio).

La presencia de importantes fallas se corrobora por la existencia de un batolito granodiorítico ali-

neado NW.-SE. y de importantes diques diabásicos y pegmatíticos, entre el pueblo de Valsequillo, donde afloran los conglomerados y microconglomerados de la serie A, y los primeros afloramientos devónicos de la serie E, quedando así eliminadas la parte superior de la serie A y toda la B.

En resumen, parece evidente que las series A-B y E son de edad diferente, y las dos primeras no pueden ser consideradas devónicas. Por lo que respecta a la edad de A y B, ambas recuerdan enormemente a series Ordovícicas y de la base del Cámbrico, situadas tanto al N. como al S. de la zona. Así, la serie B, con sus pistas y niveles conglomeráticos en la base de cuarcitas potentes recuerda a la Cuarcita Armoricana perdiendo espesor hacia el S. hasta desaparecen al S. de Zafra. La serie A, en discordancia cartográfica bajo ésta y con una potencia de más de 600 m. de conglomerados microconglomerados, areniscas gruesas, limolitas, cuarcitas, microconglomerados cuarcíticos y limolitas micaceas; no puede compararse con la base de la Cuarcita Armoricana, en cualquier caso mucho menos potente, sino más bien con los «conglomerados de Sotillo» de Fricke, W. (1940), que Lotze, F. (1961) indica como «capas de transición» del Precámbrico al Cámbrico, el cual comienza por los 100 m. de la «cuarcita de Valverde». Por otra parte, la serie microconglomerática es totalmente semejante a la que nosotros hemos descrito en Polán, al S. de Toledo (Llopis Lladó, N. y Sánchez de la Torre, L., 1963) (Llopis Lladó, N. y Sánchez de la Torre, L., 1965), a la que hemos atribuido, provisionalmente, edad Precámbrico IV, pero en cualquier caso, sin duda, infracámbrica en el sentido cronológico de la palabra. Además, recientemente ha sido señalada por Bouyx, E. (1970), la existencia en el Valle de Alcuñía de una serie conglomerática y microconglomerática anteordovícica, de gran potencia y características semejantes a la de Peraleda, que dicho autor sitúa en el Precámbrico superior, bajo la base del Cámbrico.

Todos estos datos nos inducen, pues, a situar provisionalmente la serie detrítica de Peraleda en el Precámbrico IV, a semejanza de los microconglomerados de Polán (S. de Toledo), ya descritos por nosotros. En este caso, la discordancia de Peraleda tendría la misma edad que la de Polán, es decir, debería ser anterior al Precámbrico IV, y el zócalo de micasquistos sería aún más antiguo, habiendo sufrido un plegamiento y metamorfismo en ningún caso relacionable con el de las series suprayacentes. Las relaciones de estos micasquistos con la «serie negra» precámbrica citada por Vegas, R. (1968), más al S. aún no son lo suficientemente claras como para suponer se trate de la misma unidad.

## IV. CONCLUSIONES

Tomando como base los datos suministrados por las diferentes series estratigráficas que se pueden observar en los alrededores de Peraleda de Zaucejo y Valsequillo, se puede demostrar que:

a) Existe en Peraleda una clara discordancia angular entre un zócalo de micasquistos orientados de NE. a SW., y una cobertura detrítica de dirección NW.-SE. armoricana.

b) La base de dicha cobertura en modo alguno puede considerarse devónica, sino más bien, por sus características y por comparación con regiones próximas, de posible edad Precámbrico IV.

c) De ello se deduce que, en este caso, la discordancia de Peraleda sería indudablemente precámbrica.

d) En cualquier caso, el zócalo de micasquistos ha sido plegado durante una orogenia prehercínica, probablemente anterior al Precámbrico IV.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) BOUYX, E. (1970): *Contribution a l'étude des Formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz)*, «Mem. del Instituto Geológico y Minero de España», t. 73, pp. 1-273, 50 fig., 17 lám., Madrid.
- (2) FEBREL MOLINERO, T. (1963): Mapa geológico de Es-

paña, escala 1:50.000. Explicación de la Hoja número 857. Valsequillo (Córdoba-Badajoz), pp. 1-100, 2 fig. lám. I-V, 37 fot., 1 esq., 1 lám. cortes, 1 mapa, Madrid.

- (3) — — SÁENZ DE SANTAMARÍA, J. (1964): *El Devoniano del Sur del batolito de los Pedroches, en las provincias de Córdoba y Badajoz*, «Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España», núm. 73, páginas 51-60, 5 figs., 1 esq., Madrid.
- (4) FRICKE, W. (1940): *Die Geologie des Grenzgebietes zwischen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura*. Diss. 91 s., Berlin.
- (5) LOTZE, F. et SDZUY, K. (1961): *Das Kambrium Spaniens*. «Abh. d. Math. Nat.», Klasse 6.
- (6) LLOPIS LLADÓ, N. y SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1963): *Sur la présence d'une discordance précambrienne au Sud de Tolède (Espagne)*, «C. R. Somm. S. G. F.», pp. 250-251, Paris.
- (7) — — — (1965): *Sur les caractères morphotectoniques de la discordance précambrienne au Sud de Tolède (Espagne)*, «C. R. Somm. S. G. F.», pp. 220-221, Paris.
- (8) — — VILLALTA, J. F. DE; CABANÁS, R.; PELÁEZ, J. R. y VILAS, L. (1967): *Le Devonien de l'Espagne*, «International Symposium on the Devonian system», pp. 171-187, Calgary (Canadá).
- (9) VEGAS, R. (1968): *Sobre la existencia de Precámbrico en la Baja Extremadura*. «Estudios Geológicos», C. S. I. C., vol. XXIV, pp. 85-89, Madrid.

Recibido 21-IX-70.

## Pliegues triásicos en la Sierra de Lújar, zona bética, provincia de Granada (Nota preliminar)

por F. ALDAYA (\*)

## RESUMEN

En la serie triásica de la Sierra de Lújar aparecen dos tramos de significado tectónico diferente. El tramo inferior está afectado por pliegues de dirección media N. 40° E. Sobre él descansa el tramo superior, no afectado por ellos. El contacto entre ambos tramos es sedimentario y normal; en él aparecen fenómenos de «slumping» y brechas intraformacionales.

Tras exponer y analizar todos estos hechos, el autor concluye con que los pliegues N. 40° E., que existen en la Sierra de Lújar, son de edad triásica.

## ABSTRACT

In the Sierra de Lújar triassic series two sequences of different tectonic significance crop out. The lower one shows fold axes with an average strike of N 40° E. The overlying upper sequence is not folded. The contact between both sequences is sedimentary and normal: slumping and intraformational breccias structures may be observed in it.

After exposing and analysing all these facts the author concludes that the Sierra de Lújar N 40° E trending folds have a triassic age.

## RÉSUMÉ

Dans la série triasique de Sierra de Lújar il y a lieu de distinguer deux niveaux de signification tectonique différente. Le niveau inférieur est affecté par des plis de direction moyenne N 40° E. Le niveau supérieur, surjacent n'est pas plié. Le contact entre les deux est sédimentaire et normal et montre des structures de «slumping», et des brèches intraformationnelles.

Après avoir exposé et analysé tous ces faits, l'auteur conclut à l'âge triasique des plis N 40° E de Sierra de Lújar.

## INTRODUCCIÓN

El manto de Lújar fue definido por van Bemmelen (1927).

En opinión de este autor, el manto de Lújar constituye el más bajo de los tres mantos que agrupa bajo la denominación de Alpujarrides. Según van Bemmelen (*op. cit.*), este conjunto de mantos se superpone tectónicamente a los materiales de Sierra Nevada.

En un artículo anterior (Aldaya, 1967) mencioné la existencia de brecha intraformacionales, y

de pliegues anteriores a la tectónica de mantos de corrimiento. Estas observaciones fueron llevadas a cabo en la serie triásica del manto de Lújar, en su afloramiento de la ventana tectónica de Albuñol. En dicho artículo concluía con que era posible establecer que la inestabilidad tectónica en el dominio Bético comenzó en tiempos triásicos (me refería, casi huelga decirlo, a la tectónica post-paleozoica). En cuanto a los pliegues, me limité a dar cuenta de su existencia y a señalar su edad, tan sólo como anterior a la tectónica de corrimiento.

Posteriormente (Aldaya, 1968) precisé la posición del Manto de Lújar. Allí expuse una serie de hechos que ya habían sido enunciados en su mayoría por van Bemmelen (1927), y además indiqué la

(\*) Departamento de Geotectónica y Geomorfología, Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

conveniencia de considerar al Manto de Lújar como una unidad independiente del Complejo Alpujarride. Asimismo esbocé una correlación del Manto de Lújar con la unidad de Almagro, definida por Simón (1963, 1964). Señalé la existencia de un sistema de pliegues de dirección media N. 40° E., en las calizas triásicas de la Sierra de Lújar. En este artículo (pág. 7, nota 9) enuncié, a modo de hipótesis, la posibilidad de que dichos pliegues fuesen de edad triásica. Basé esta suposición en el razonamiento que sigue:

La Sierra de Lújar presenta una estructura anticlinal cupuliforme, con más o menos complicaciones en el detalle.

Su parte central corresponde, por tanto, a los niveles de posición estratigráfica más baja. Esta parte central se encuentra afectada por grandes pliegues de dirección media N. 40° E.

Pero los niveles más altos, de posición periférica, no están afectados por dichos pliegues, sino que sólo han sufrido los efectos de los plegamientos recientes, que son los que han conferido a los materiales de la Sierra de Lújar su actual estructura cupuliforme.

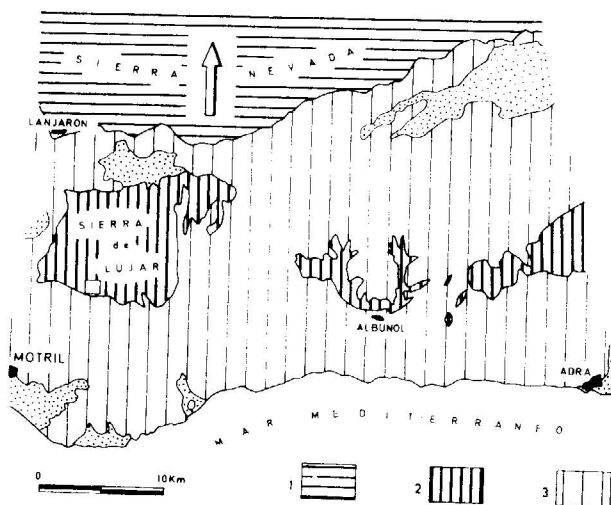


Fig. 1.—1. Complejo Nevado-Filábride. 2. Manto de Lújar. 3. Complejo Alpujarride indiferenciado. En punteado: materiales post-orogénicos (mioceno y cuaternario). El sector que se describe en este artículo está indicado por un recuadro al S. de la Sierra de Lújar.

Se podía dividir, según lo dicho, la serie de la Sierra de Lújar en dos tramos tectónicos. Uno inferior, afectado por pliegues de dirección Norte 40° E., y por los plegamientos recientes. Y otro, superior, afectado tan sólo por estos últimos. En dicho artículo suponía la existencia, entre ambos niveles, de una superficie de discordancia, aunque no había podido llegar a encontrarla en aflora-

miento. Todos estos temas fueron tratados con más detenimiento en un trabajo posterior (Aldaya, 1969 c).

La figura 1 representa, muy esquemáticamente, la distribución de los materiales del Manto de Lújar y del Complejo Alpujarride al Sur de Sierra Nevada, entre los meridianos de Motril y Adra. (Para una información más detallada sobre este particular, véase Aldaya, 1968, 1969a, 1969b, 1969c y 1970).

La superposición de unidades en este sector puede representarse como indica el esquema de la figura 2.



Fig. 2.—Esquema muy simplificado (no a escala) de la superposición de las unidades representadas en la figura 1. Leyenda: 1. Complejo Nevado-Filábride. 2. Manto de Lújar. 3. Complejo Alpujarride.

Los pliegues de dirección N. 40° E. existen en todos los afloramientos del Manto de Lújar, reflejados en la figura 1. Tan sólo en el afloramiento de la ventana tectónica de Albuñol sus direcciones se separan de la indicada para adoptar, en ocasiones, un aspecto aparentemente caótico.

He realizado las observaciones que describo en el barranco que se representa en el mapa topográfico de la figura 3.

Es difícil el acceso a este barranco. Se puede llegar por una pista que parte exactamente del punto kilométrico 492 de la carretera de Granada a Motril (N. 323 Bailén-Motril). La pista conduce a la «Mina de la Raja», antigua labor de la Sociedad Minero Metalúrgica Pañarroya (1).

Existe otro acceso por el Sur, practicable para todo tipo de automóvil, una pista que parte de la del pueblo de Lagos. La pista de Lagos se inicia en el kilómetro 496,4 de la carretera Granada-Motril, justamente junto a la boca meridional del túnel de Isabel II o «Túnel de la Górgoracha» (ver figura 4).

En esta nota expongo los resultados de una primera campaña. No hay que considerar estos resultados como definitivos, hasta que no hayan sido estudiados y cartografiados en toda la sierra.

(1) Esta pista ya no pertenece a dicha sociedad, y en el momento de escribir estas líneas se encuentra cerrada por una cadena. Es posible, sin embargo, conseguir la llave en el pueblo de Vélez de Benaudalla. La pista es transitable en «Land-Rover» o similar, o bien si se dispone de una moto potente de rueda grande.

No recomiendo, en absoluto, entrar con un coche normal.

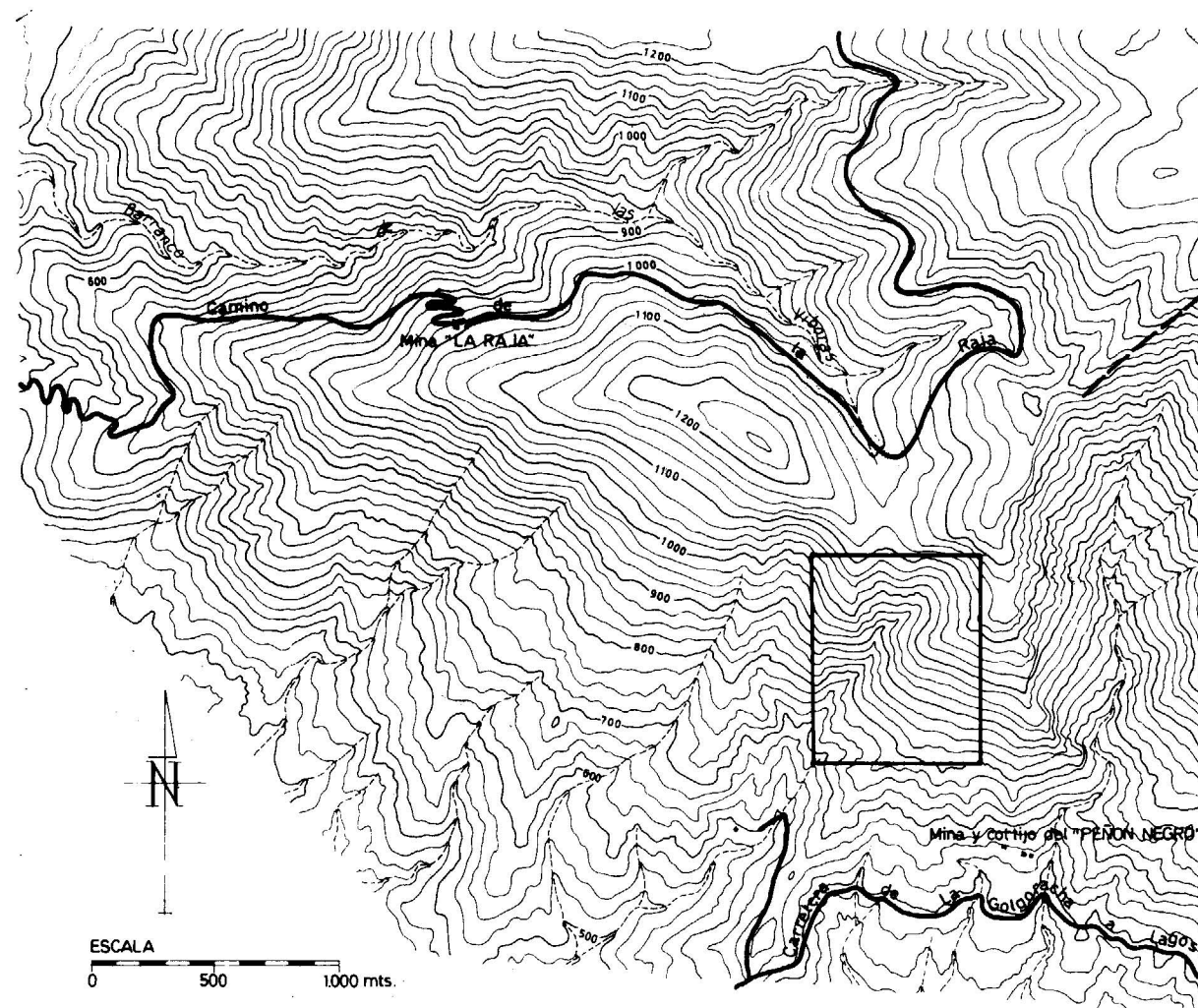


Fig. 3.—Situación del barranco donde han sido observados los fenómenos descritos en este artículo. El barranco está marcado por el recuadro. Situación de las pistas de acceso. La línea de trazo discontinuo, situada junto a la esquina NE. del recuadro, indica la posición aproximada de la discordancia local a la que se hace referencia más adelante. Reducción del mapa topográfico a escala 1:10.000 de la Sierra de Lújar, realizado por la S. M. M. Peñarroya, y facilitado por dicha sociedad.

rra. Esta tarea será objeto de campañas posteriores. Pero los hechos hallados hasta el momento justifican al menos la atribución de una edad triásica para los pliegues. No puedo hablar, por ahora, de su génesis. Ni tampoco puedo afirmar que sus condiciones de formación, descritas para un área muy pequeña, puedan extenderse a todo el ámbito del manto de Lújar.

En el barranco que se representa en la figura 3 se puede observar la superposición de tres niveles (figura 5).

El más bajo está constituido por un tramo calizo, más o menos dolomítico, afectado por pliegues de tamaño métrico y decamétrico de tipo disarmonico (nivel 2 de la figura 6).

Sobre él descansa un nivel de potencia irregular, muy variable, según los sectores, compuesto por brechas intraformacionales fundamentalmente. En este nivel existen también estratos calizos, que con frecuencia muestran fenómenos de «slumping» (figuras 7 y 8). La transición de los estratos calizos a la brecha, que es un hecho frecuente, se presenta como se ilustra en la figura 8. La brecha intraformacional está constituida por cantos calizos cementados por caliza. Con frecuencia es posible encontrar en el seno de la brecha pequeños niveles continuos (fig. 9). Es el nivel 3 de la figura 6.

El más alto de los niveles reflejados en la figura 5 está constituido por un potente tramo (puede alcanzar algunos cientos de metros en el sector

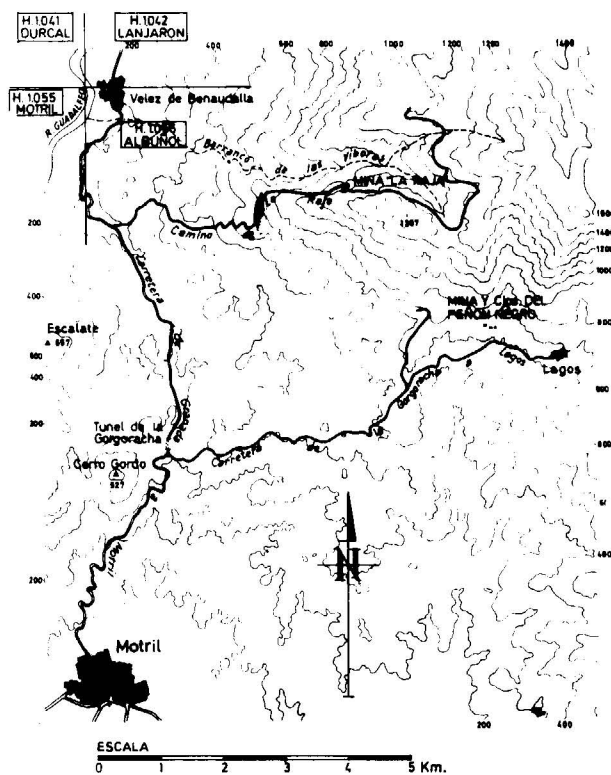


Fig. 4.—Pistas de acceso al extremo SW. de la Sierra de Lújar Reducción del M. T. N. a escala 1:50.000. El sector representado pertenece a la esquina NE. de la Hoja 1055 (Motril) y a la esquina NW. de la 1056 (Albuñol), según se indica en la figura. El trazado de la carretera de la Gorgoracha a Lagos es aproximado.

SW. de la Sierra) calizo-dolomítico. La porción representada en la figura 5 sería su parte basal. Es el nivel 4 de la figura 6. Los estratos más bajos de esta serie descansan sobre la brecha intraformacional; están ligeramente ondulados (fig. 5). Esta ondulación se pierde rápidamente hacia arriba. El resto de la serie no muestra perturbación alguna; los estratos que constituyen esta parte superior se dibujan en el paisaje como trazos rectilíneos, tan sólo afectados por los plegamientos recientes de gran radio.

Los pliegues del primero de los tres niveles mencionados y los pliegues de «slumping» del segundo nivel no muestran ordenación alguna en las direcciones de sus ejes.

Las observaciones en el barranco que nos ocupa no llegan más que al primero de estos tres niveles. Fuera del barranco, en otros puntos de la sierra, puede comprobarse que bajo este nivel se sitúa la parte de la serie que está afectada por los grandes pliegues de dirección N. 40° E., (Nivel 1 de la fig. 6). Es, con mucho, la parte más potente

de la serie, la que ocupa el núcleo del gran anticlinal de la Sierra de Lújar.

Estos pliegues pueden alcanzar longitudes de varios kilómetros, por varias decenas de metros de flecha y cuerda. En la Sierra de Lújar existen fundamentalmente tres grandes anticlinales. Sus alineaciones son muy rígidas en la dirección dicha de N. 40° E. En general, son de estilo concéntrico y de vergencia hacia el Norte.

Así, pues, la superposición de todos los niveles descritos puede esquematizarse como se indica en la figura 6. Esta figura no tiene más valor que el de un simple esquema.

Por lo visto hasta el momento, los dos niveles mejor representados son el 1 y el 4 de la figura 6. Los niveles 2 y 3 son, en general, poco potentes,

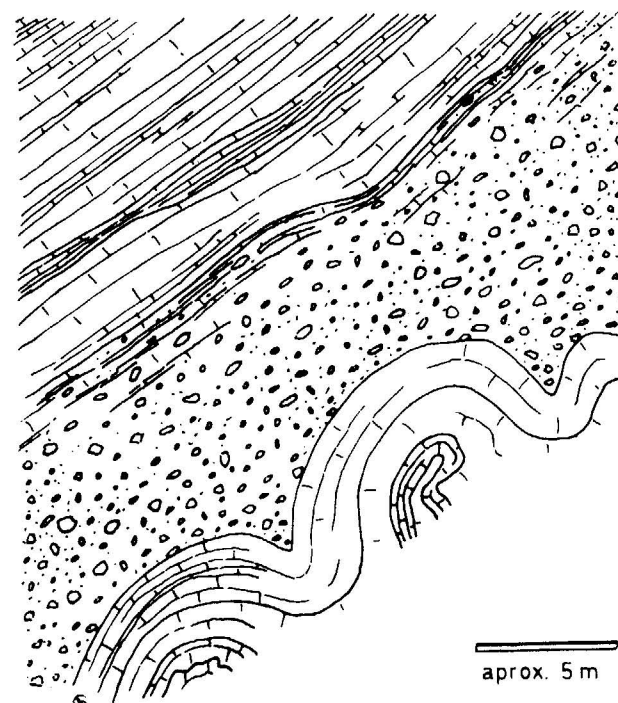


Fig. 5.—Base del tramo superior no afectado por los pliegues N. 40° E. Obsérvese una débil ondulación que se pierde rápidamente hacia arriba (parte superior del dibujo). Paso del tramo superior al nivel de brechas. Contacto entre el nivel de brechas y el nivel de pliegues de tipo disarmónico. Estos tres niveles se corresponden, respectivamente, con los 4, 3 y 2 de la fig. 6.

de potencia no constante e incluso pueden faltar en algún punto. Concretamente existe un sector (marcado con línea de trazos discontinuos en la figura 3), donde los niveles 1 y 4 contactan directamente. Aquí los estratos más altos, casi horizontales, reposan en discordancia sobre la serie inferior.

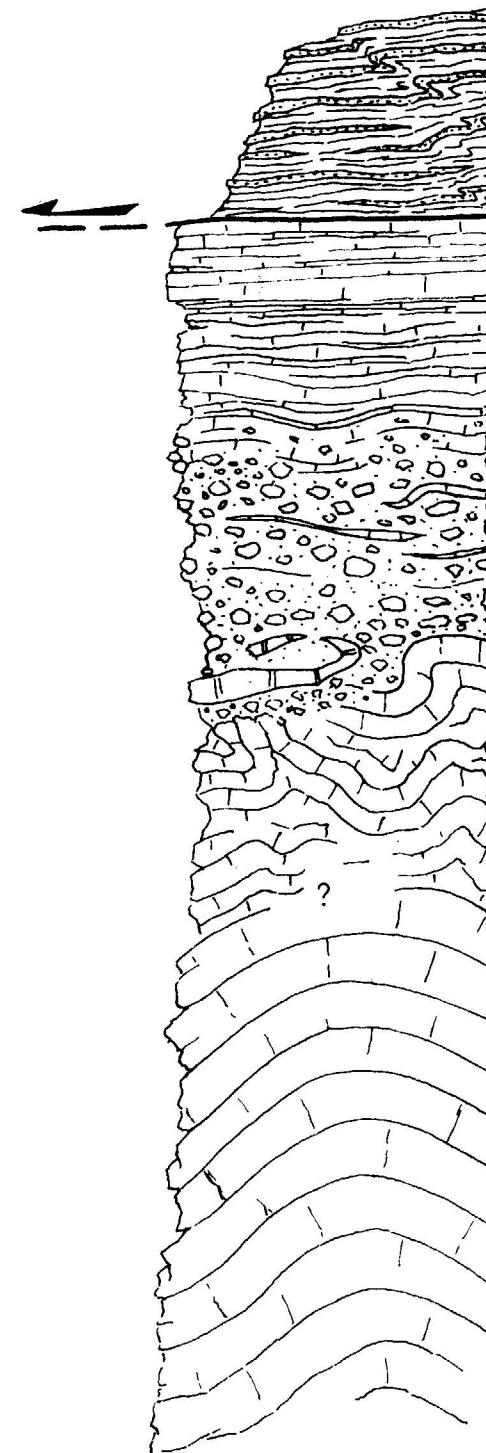


Fig. 6.—Columna muy esquematizada (no está a escala) de la parte superior de la formación calizo-dolomítica triásica del Manto de Lújar. Leyenda: 1. Tramo inferior afectado por los grandes pliegues N. 40° E. 2. Nivel de pliegues de tipo disarmónico. 3. Nivel de brechas intraformacionales y «slumpings». 4. Tramo superior no afectado por los pliegues N. 40° E. 5. Filitas y cuarcitas alóctonas, pertenecientes al Manto de Alcázar, el más bajo de los Mantos Alpujarrides en este sector (véase Aldaya, 1969 b). El tipo exacto de contacto entre 1 y 2 no está aclarado por el momento. Se puede, no obstante, asegurar que no es tectónico.

Pero creo que esta discordancia tiene un valor puramente local.

Hasta aquí, muy brevemente resumidos, lo que son los hechos observados. De ellos se deduce que los pliegues de dirección N. 40° E., se desarrollaron durante el Triás. La falta de una discordancia intratriásica generalizada y la localización, en el con-

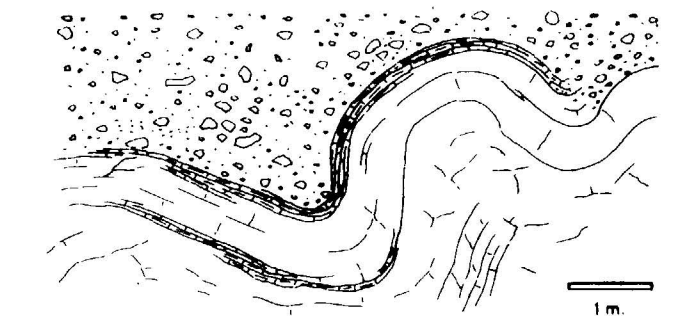


Fig. 7.—Detalle de un fenómeno de «slumping». Dibujo realizado a partir de una fotografía

tacto entre los niveles superior e inferior, de brechas intraformacionales y fenómenos de «slumping», inclina a pensar que se trata de un plegamiento realizado, en general, sin interrupción de la sedimentación. Pero no es difícil imaginar que en cier-



Fig. 8.—Detalle de un fenómeno de «slumping». Dibujo realizado a partir de una fotografía.

tos puntos se llegase a una emersión de la serie, emersiones que pudieron ser muy locales. Así se explica que pueden existir pequeñas discordancias, como la que quedó indicada anteriormente.

O quizás la falta de los niveles de brechas y «slumping» y de pliegues disarmónicos pueda atribuirse en algunos casos a la actuación de corrientes submarinas, que hubiesen barrido dichos niveles.

La datación precisa de estos pliegues no puede

realizarse por el momento. Un muestreo reciente en el nivel superior, realizado por F. Hirsch\* no ha arrojado ningún resultado de suficiente precisión. Lo único seguro es que estos niveles tienen claramente una edad triásica.

En cuanto a la génesis de los pliegues de dirección N. 40° E., es imposible por el momento decidir si corresponden a una etapa tectónica de compresión o si los pliegues son de tipo gravitatorio, originados quizás a favor de una pendiente. Personalmente me inclino por pensar en una etapa compresiva, porque los pliegues N. 40° E. son de una regularidad notable, en cuanto a dirección, en todo el dominio del Manto de Lújar, entre los meridianos de Motril y Adra. Sería difícil imaginar una tal regularidad en una génesis gravitatoria, para una extensión como la indicada.

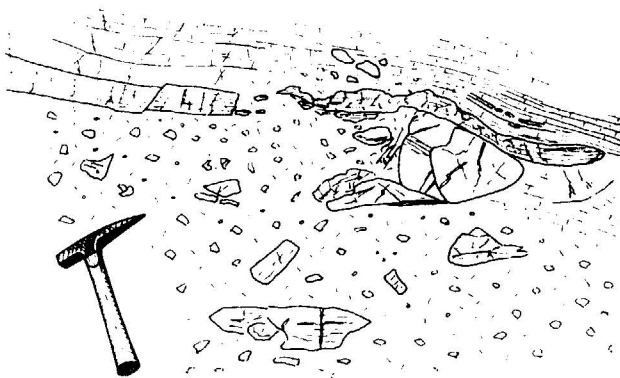


Fig. 9.—Un detalle del nivel de brechas intraformacionales. Dibujo realizado a partir de una fotografía.

Por otra parte, en el dominio alpujarride he encontrado algunas linearidades de dirección N. 40° E., dirección de linearidad que está bien representada en el dominio Nevado-Filábride de Sierra Nevada occidental, junto con algunas recristalizaciones de minerales de metamorfismo de dicha dirección, así como el importante anticlinal del E. del Veleta (J. M. Fontboté, com. pers.). Claro que estos otros hechos pueden ser simplemente un caso de convergencia. No aseguro que estén genéticamente relacionados con los pliegues del Manto de Lújar, si bien parece verosímil.

Observaciones realizadas en otros puntos de la Sierra de Lújar, principalmente en la margen izquierda del Barranco de los Castillejos (2), me

(2) El punto a que aludo está situado a 0° 16' 10" E., 30° 50' 30" N., aproximadamente. Existe allí un escarpe de erosión de tonalidad anaranjada, tallado un paquete de calizas subhorizontales que reposa sobre un anticlinal de varias decenas de metros de flecha. Esta estructura es visible desde la carretera que va del puente de Orgiva al empalme de

llevan a sospechar que estos fenómenos no se localizan en un nivel estratigráfico determinado, sino que pueden variar de posición dentro de la serie o incluso ocurrir repetidas veces en una misma vertical. Lo que equivaldría a suponer que la inestabilidad tectónica causante de los pliegues pudo dejarse sentir, no en un momento determinado de la historia triásica, sino en varios, o que dicha actividad pudo prolongarse durante un lapso de tiempo más o menos amplio.

Naturalmente, se han tenido en cuenta otras posibilidades.

Una de ellas es que la superposición de la serie no trastornada sobre la serie plegada no sea normal, sino tectónica. El argumento principal para desechar esta hipótesis ha sido facilitado por la minuciosa observación del contacto entre los niveles superior e inferior: En toda la extensión visible de ese contacto queda bien patente la ausencia absoluta de estrías de fricción, bechas tectónicas, etc. En su lugar se observan los mencionados «slumpings», las brechas intraformacionales y, en no pocos puntos, cómo los estratos calizos, pasan lateralmente a niveles de brechas. No hay nada que autorice a sospechar siquiera en un contacto tectónico.

También he tenido en cuenta la posibilidad de un comportamiento tectónico diferencial debido al aumento de profundidad. En contra de esta posibilidad se puede argüir que el tránsito del nivel superior no replegado al nivel de brechas y «slumpings» se realiza en un espacio muy corto, a veces del orden del metro, espacio insuficiente para un cambio en el estilo de plegamiento aún en el caso de que se suponga una notable diferencia litológica. Por otra parte, sería inimaginable una tal situación si se tiene en cuenta que el nivel de pliegues de geometría disarmónica está superpuesto al nivel más bajo de la serie, el de los grandes pliegues N. 40° E., de estilo fundamentalmente concéntrico. Finalmente, por observaciones realizadas en la ventana tectónica de Albuñol y otras situadas más al Este, se sabe que los pliegues que afectan al nivel inferior son anteriores a la tectónica de corrimiento (Aldaya, 1967).

Con anterioridad a dicha etapa tectónica nunca existió sobre las calizas triásicas del manto de Lújar ninguna carga apreciable; además, las directrices de los pliegues N. 40° E. difieren enormemente de las que muestran las estructuras de corrimiento: N. 75°-80° E. (Aldaya, 1969a). Así es que por ello es difícil pensar en que los pliegues N. 40° E. fuesen originados por una primera fase

Albuñol-Cádiar, desde un punto situado aproximadamente a 1 km. al W. de dicho empalme.

(\*) Dr. Francis Hirsch, Muséum d'Histoire Naturelle, Genève.

de la etapa tectónica de corrimiento y decapitados posteriormente en una segunda fase (La existencia de dos etapas en la tectónica de corrimiento bética ha sido enunciada por Egeler y Simón, 1969, y Aldaya, 1969a, 1969b y 1969c).

#### ALGUNAS CONSIDERACIONES SUPLEMENTARIAS

a) Quiero insistir en que el objeto de este trabajo no es otro que el de notificar el hallazgo de unos fenómenos en la Sierra de Lújar, obteniendo naturalmente las conclusiones pertinentes. Dejo para un trabajo posterior la cartografía de los cuatro niveles aquí descritos, las referencias bibliográficas exhaustivas, las citas de otros puntos del dominio bético, donde se han encontrado brechas sedimentarias del Triás, el estudio de la tectónica triásica en otras cordilleras alpidicas, etc.

b) He mencionado varias veces los plegamientos recientes que han afectado al tramo tectónico superior de la Sierra de Lújar. A este respecto, pienso que no está de más enumerar, siquiera sucintamente, las etapas de deformación sufridas por los materiales triásicos de estos dominios, sin perjuicio de tratar más extensamente el tema en un trabajo posterior (Aldaya, en prensa).

La primera etapa de deformación es la de dirección N. 40° E. y de edad triásica.

La siguiente etapa es la de los grandes corrimientos béticos, que parece ser, como dije anteriormente, puede ser subdividida al menos en dos fases.

Esta etapa tectónica sería de edad ante-miocena o quizá anterior al oligoceno superior. No entra aquí en discusiones sobre este particular.

Posteriormente sobreviene un plegamiento de dirección media N. 5° E., verosimilmente anterior al Tortonense (Aldaya, 1969a, 1969c).

Finalmente, la etapa de plegamiento N. 80° E., posterior, sin duda, al Tortonense, y la etapa de fracturación reciente. Estas dos últimas etapas son las que han conferido al paisaje su actual fisonomía.

c) En un artículo anterior (Aldaya, 1968) discutía, entre otros, el problema de la polaridad de la Sierra de Lújar, a raíz de un artículo en que Boulín, Dimpault-Darcy y Leroy (1966), afirmaban que la Sierra de Lújar es el flanco invertido en un gran anticlinal vergente al Sur. En aquel trabajo afirmé que no se habían encontrado criterios de polaridad en la serie. Desde aquella época hasta ahora, numerosos investigadores (sería muy largo citar todos los nombres), hemos podido constatar la existencia de estos criterios, y en todos los casos indican serie normal.

d) Mantengo, por ahora, y para este sector, la diferenciación Lújar-Alpujarrides, así como me parece indicada la diferenciación del Complejo de Ballabona-Cucharón, de los autores holandeses, con respecto a los alpujarrides (véase Egeler y Simón, 1969). Pero la cartografía total de la Zona Bética y su estudio detallado dirán si estas diferenciaciones deben o no mantenerse y si el dominio de Lújar se corresponde o no con el de Ballabona-Cucharón. Puede parecer extraño que me mantenga partidario de esta diferenciación, después de haber enunciado (Aldaya, 1969b, 1969c), que la diversificación del primitivo edificio alpujarride no estuvo regida por diferencias de tipo estratigráfico o paleogeográfico. De todos modos me refería exclusivamente al complejo alpujarride, excluyendo el dominio de Lújar. Y, además, el decir que la serie o la unidad de Lújar me parecen diferentes de los alpujarrides, no implica el afirmar que esas diferencias hayan motivado el trazado de la (o las) superficies de corrimiento que separan este dominio del alpujarride.

e) Las fotografías en blanco y negro obtenidas para ilustrar esta nota, no han resultado aptas para la impresión. En el Departamento de Geotectónica y Geomorfología de la Facultad de Ciencias de Granada se encuentra depositada una colección de diapositivas en color, que ilustran todos estos fenómenos.

f) He tenido ocasión de cambiar impresiones con el Prof. Dr. C. G. Egeler (\*). Sugiere que los pliegues podrían haber sido provocados por un sistema de fallas sinsedimentarias, estructura verdaderamente difícil de detectar en series extremadamente tectonizadas posteriormente. Se puede así imaginar la génesis de pliegues por gravedad—con direcciones bastante regulares—en relación con tal sistema de fallas, limitado a la parte inferior de la serie triásica, por debajo del nivel de pliegues. En este caso también las estructuras sedimentarias serían provadas por un relieve sintectónico. Esta hipótesis del Prof. Egeler es compatible con los hechos observados hasta el momento, y merece ser tenida en cuenta.

#### Agradecimientos.

Deseo ante todo expresar mi más profundo agradecimiento al Dr. Ing. don Miguel Martín Marcos, ingeniero jefe de las minas de Sierra de Lújar, de la S. M. M. Peñarroya.

Gracias a él he podido disponer de alojamiento arriba de la sierra y vehículo para realizar mis desplazamientos.

(\*) Geologisch Instituut der Universiteit. Amsterdam.

Al Dr. Francis Hirsch, experto conocedor del Triás y a mis compañeros Francisco Navarro-Vilá y Antonio Estévez, que me han acompañado sobre el terreno y con los que he tenido ocasión de discutir los resultados que aquí expongo.

Finalmente, a los Prof. Dres. C. G. Egeler y J. M. Fontboté, por la lectura y crítica del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA RESUMIDA

- ALDAYA, F. (1967): *Nuevas observaciones en las calizas triásicas de la ventana tectónica de Albuñol (Zona Bética, provincia de Granada)*, «Not. y Com., I. G. M. E.», números 101-102, 101-106.
- (1968): *Sobre la posición tectónica de la Sierra de Lújar (Prov. de Granada)*. «Acta Geol. Hisp.», III, 87-92.
- (1969 a): *Sobre el sentido de los corrimientos de los Mantos Alpujarrides al Sur de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. de Granada)*, «Bol. Geol. y Min.», t. LXXXIII, pp. 212-217.
- (1969 b): *Los mantos alpujarrides al S. de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. de Granada)*, «Acta Geol. Hisp.», número 5, año IV, 126-130.
- (1969 c): *Los mantos alpujarrides al S. de Sierra Nevada*. Tesis Univ. de Granada, 527 pp. mem. inéd.

— (1970): *Sobre la geometría de las superficies de corrimiento de los mantos alpujarrides del S. de Sierra Nevada (Zona Bética, prov. de Granada)*, «Cuad. Geol.», Univ. de Granada, 1, 35-37.

— (En prensa): *La sucesión de etapas tectónicas en el dominio alpujarride (Zona Bética, prov. de Granada)*, «Cuad. Geol.», Univ. de Granada.

BEMMELEN, R. W. van (1927): *Bijdrage tot de Geologie der Betischen Ketens in de provincie, Granada*, «Proefschrift Delft», 176 pp.

BOULIN, J., DIMPAULT DARCY, P. y LEROY, H. (1966): *Observations géologiques en Sierra de Lújar (Cordillères Bétiques internes, Espagne)*, «Bull. Soc. Geol. France» (7), VIII, 585-591.

EGELER, C. G. y SIMÓN, O. J. (1969): *Sur le tectonique de la Zone Bétique (Cordillères Bétiques, Espagne)*, Etude basée sur les recherches dans le secteur compris entre Almería et Vélez-Rubio, «Verh. Kon. Ned. Akad. v. Westensch. Afd. Natuuk.», eerste reeks. Deel XXV, núm. 3, 90 pp.

SIMÓN, O. J. (1968): *Geological investigations in the Sierra de Almagro, South-eastern Spain*, Tesis, Amsterdam, 164 pp.

— (1964): *The Almagro Unit: a new structural element in the Betic Zone?* «Geol. en Mijn.», 43, 331-334.

Recibido: 25-IX-70.

## Estudio de minerales en granos; identificación microquímica de titanio y circonio

por R. ALVAREZ RODRIGUEZ (\*)

## RESUMEN

Se describe un procedimiento para la determinación microquímica del titanio y otro para el circonio, aplicado al estudio de muy pequeños granos minerales aislados.

En la identificación mediante la lupa binocular de granos minerales microscópicos, hay especies que se prestan a confusión. Esta confusión se puede resolver fácilmente en algunos casos con ensayos de tinción o ensayos microquímicos; si esto no es posible, hay que recurrir a efectuar preparaciones para su estudio óptico, bien como lámina delgada para los minerales transparentes o como preparación pulida para los opacos.

Este examen de granos minerales con la lupa binocular es muy empleado en el estudio mineralógico de los materiales sedimentarios. Por otra parte, es fundamental en la concentración de minerales, donde indica en todo momento la eficacia de los tratamientos que se aplican a la mena y la posible causa de los fallos.

Con los minerales de titanio y circonio puede existir confusión entre el rutilo y en circón cuando son de parecida coloración, ya que ambos pertenecen a la clase ditetragonal bipiramidal y suelen presentar el mismo habitus; esta posible confusión se acentúa cuando se trata de granos rodados.

Otra, confusión posible es la de titanita con algunos circones cuando están rodados, ya que si se aprecian los cristales se distinguen fácilmente porque la titanita es monoclinica.

Por otra parte, el rutilo puede también confundirse con algunas casiteritas y la titanita con variedades marrones de la casiterita y con algunas monacitas. Otros minerales de titanio también se pueden prestar a confusiones así la perovskita con ciertas espinelas cromíferas, aunque éstas son isotropas; la anatasa de habitus pseudooctaédricos,

con espinelas octaédricas, la ilmenita con magnetita, etc.

Para resolver estas confusiones se han empleado en el Departamento de Preparación de Minerales de I. G. M. E., con notable éxito, ensayos microquímicos para el titanio y circonio que son aplicación de conocidas reacciones de identificación de cationes mediante reactivos orgánicos, adaptándolas al estudio de muy pequeños granos minerales aislados. La sensibilidad del ensayo para el titanio es mucho mayor que la del circonio por lo que es preferible resolver las dudas entre minerales de titanio y circonio comprobando la presencia o ausencia del primero de ellos.

En estos ensayos es esencial la pureza de los reactivos que se usen.

## 1. IDENTIFICACIÓN DEL TITANIO

El método que se emplea permite identificar perfectamente el titanio en un solo grano rodado de rutilo de 100 micras, que pesa aproximadamente cuatro milésimas de miligramo. Si se emplea un grano de 50 micras (que tendría un peso aproximado de 0,5 milésimas de miligramo), la reacción es débilmente positiva pero todavía perceptible. El procedimiento es el siguiente:

En un hilo de platino con un bucle de aproximadamente de 1,5 mm. de diámetro se forma una perla fundiendo un poco de bisulfato potásico en la llama de un mechero «bunsen». Con la perla, todavía caliente, se toca el grano de mineral que se adhiere a ella y se lleva de nuevo a la llama, donde se funde a no demasiada temperatura durante unos

(\*) Departamento de Preparación de Minerales. I. G. M. E.

minutos. El ataque del mineral de titanio por el fundente es muy rápido.

La perla se enfría y se desmenuza sobre un vidrio de reloj «pirex» de 40 mm., mediante un punzón. Se disuelve la perla en una o dos gotas de ácido sulfúrico concentrado, calentando mientras se agita con el mismo hilo de platino.

Una vez disuelta la perla, se enfría y se añade con la punta estirada de una varilla de vidrio una pizca de ácido cromotrópico sólido y se agita; si había titanio aparece, en frío o bien al calentar, una coloración violeta que se aprecia mejor colocando el vidrio de reloj sobre un papel blanco.

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL CIRCONIO

Se pueden usar como fundentes para formar las perlas el borax y el carbonato sódico, el primero disgrega mejor por lo que da algo más de sensibilidad al ensayo, pero la perla es más difícil de disolver. Con el borax, un grano de circón de 200 micras da reacción ligeramente positiva, pero es preferible reunir varios. El procedimiento es el siguiente:

Primeramente se forma una perla con el borax en el bucle del hilo de platino. Con la perla muy caliente se tocan los granos minerales que se adherirán a ella y entonces se funde en la llama durante unos diez minutos. Una vez fría la fusión se

desmenuza sobre un vidrio de reloj y se disuelve calentando en un par de gotas de ácido clorhídrico 2N.

Se añade ahora una gota de alizarinsulfonato sódico al 0,5 por 100 en agua destilada y una gota de ácido clorhídrico 9N. Precipitado rojo, que se aprecia mejor si se coloca el vidrio de reloj sobre un papel blanco, indica circonio.

Si el precipitado es muy débil se aprecia bien comparando con el color amarillo que da una gota de agua, otra de alizarinsulfonato sódico y otra de ácido clorhídrico 9N.

El color del circonio, sobre todo si es débil, desaparece con una gota de ácido oxálico diluido. También desaparece si se añade un poco de fluoruro sódico sólido y se agita.

## BIBLIOGRAFÍA

- BURRIEL, F.; LUCENA, F. y ARRIBAS, S.: *Química Analítica Cualitativa*. «Edit. Paraninfo», Madrid, 1960.
- FEIGL, F.: *Spot Tests, Inorganic Applications*. «Elsevier Publishing Co.», Amsterdam, 1954.
- PARFENOFF, A.; POMEROL, Ch. y TOURENO, J.: *Les Mineraux en Grains*, «Masson et Cie», París, 1970.
- WELCHER, F. J.: *Organic Analytical Reagents*, 4 vol. «D. Van Nostrand Co., Inc.», Princeton, 1948.

Recibido: 10-VIII-70.

# Uranio y Renio en rocas sedimentarias

## I. Lignitos de Arenas del Rey (Granada)

por A. MARTIN (\*) y L. GARCIA-ROSSELL (\*\*)

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se recogen algunas de las principales conclusiones de un amplio trabajo de investigación realizado merced a una Beca de la Fundación «Juan March». En dicho trabajo se aborda el estudio del contenido de uranio y renio en los lignitos de varias cuencas españolas; aquí se recoge parte de los correspondientes a la Cuenca Terciaria de Arenas del Rey (Granada). El descubrimiento en lignitos españoles, en 1966, de un enriquecimiento de renio (y uranio) geoquímicamente importante (1), fue el punto de partida de la citada investigación.

Sobre el interés del U no es necesario insistir aquí, por ser sobradamente conocido. No obstante, sí conviene señalar la importancia de los depósitos de U ligados a rocas sedimentarias, que en España son cada vez más objeto de marcada atención en las prospecciones. Tales depósitos van ligados a materiales fundamentalmente carbonosos (lignitos en su mayor parte).

En cuanto al renio, en diversos artículos (2,3) se justifica en gran parte la atención prestada actualmente a dicho elemento, y se pone de manifiesto el indudable interés que pueden representar los lignitos como fuente de recuperación industrial del Re, previa consideración de las fuentes actuales del mismo (4).

### 2. CONSIDERACIONES GEOQUÍMICAS SOBRE EL RENIO

#### 2.1. Consideraciones generales

El renio fue descubierto por Noddack, Tacke y Berg en 1925 por análisis de rayos X en un con-

(\*) Doctor en Ciencias Químicas y Geológicas, Jefe del Departamento de Química de los Laboratorios de Ensayos e Investigación Industrial «L. José de Torrónegui», de Bilbao. Profesor Encargado de Cátedra en la E. T. S. de I. I. de Bilbao.

(\*\*) Licenciado en Ciencias Geológicas. Profesor de Hidrogeología de la Universidad de Granada.

centrado químico de columbita, que contenía sólo del orden de 1 ppm. Su existencia natural ha sido investigada más extensamente que la de muchos otros elementos. Aparte de las numerosas monografías sobre el renio (5-16), se han publicado algunas revisiones bibliográficas (17, 18...).

Su comportamiento geoquímico fue investigado inicialmente por Noddack y Noddack (19). Nuestros conocimientos actuales descansan casi enteramente en estos primeros estudios, con casi la única excepción de nuevos análisis de molibdenitas y algunos otros pocos materiales.

Teniendo en cuenta las propiedades químicas del renio, cabe esperar que se concentrará inicialmente en la fase metálica de la tierra y de la materia meteorítica. Según Fersman (20) el bajo contenido de renio en la corteza terrestre es el resultado de su segregación en el núcleo metálico de la tierra y en la envoltura sulfurada. La naturaleza fuertemente siderófila de este elemento se pone de manifiesto por los valores hallados por Noddack y Noddack (8) en meteoritos.

	Re (ppm)
Sideritos ... ..	0,0082
Troilitas ... ..	0,001
Fase silicatada de los meteoritos ...	0,0008

Brown y Goldberg (21) han encontrado en 5 sideritos valores muy superiores al señalado anteriormente.

Meteorito	Re (ppm)
Altonah ... ..	0,87
Henbury ... ..	1,4
Goos Lake ... ..	0,28
Canyon Diablo ... ..	0,28
Xiquipilco ... ..	0,25
Valor medio ... ..	0,62

Esta diferencia se debe, al parecer, a que el método de análisis utilizado por estos dos últimos

investigadores, análisis por activación neutrónica, es más apropiado que el utilizado por los Noddack.

El contenido medio del renio en la corteza fue estimado en 0,001 ppm por los Noddack, basado en una determinación sobre una muestra compuesta de 110 rocas ígneas (8, 22, 23).

Morris y Short (24) dan, en un trabajo reciente, un valor de  $5 \times 10^{-4}$  ppm para la abundancia de renio en rocas ígneas. Vinogradov (25) menciona que, en un trabajo sin publicar, Basitova da 0,06 ppm Re en rocas básicas y 0,006 en rocas ácidas, con un valor medio de 0,01 ppm. Esto parece ser cierto por los datos sobre meteoritos, ya indicados anteriormente.

El renio no existe, al parecer, en la naturaleza en especies minerales propias, sino siempre asociado a otros minerales.

Según Noddack y Noddack (19), gran parte del renio, como sucede con otros muchos metales siderófilos, se separa del magma durante el estadio inicial en la primera fracción de sulfuros. Los minerales de la paragénesis pirrotina-pentlandita contienen, por término medio, unas 20 veces más renio que las rocas ígneas. Consecuentemente, los óxidos y silicatos separados en este estadio inicial son pobres en renio (inferior a 0,0001 ppm). La única excepción parece ser la cromita, que con frecuencia tiene un contenido de 0,02 ppm.

Se ha señalado que los minerales que se separan durante el estadio principal de la cristalización del magma, toda la serie de rocas ígneas, empezando por el gabro y terminando en el granito, tienen un contenido medio de 0,001 ppm de Re.

El renio aparece concentrado otra vez en los fundidos graníticos residuales. En las pegmatitas y depósitos neumatóliticos, separados durante el estadio final, existe una concentración notable, sobre todo en columbatos, tantalatos, zircón, thortveitita, gadolinita, alvita (25). Las rocas hidrotermales son pobres en renio.

Según Noddack y Noddack (19) durante las últimas etapas de la cristalización, el renio se presenta como ión perrenato relativamente estable, separándose como sulfuro sólo en presencia de metales pesados, aunque pequeñas cantidades pueden llegar a acomodarse en la estructura de algunos minerales.

Sería interesante determinar el contenido de renio en las emanaciones volcánicas, dada la volatilidad de muchos de los compuestos de dicho elemento.

Las fuentes más interesantes de renio son, en la actualidad, los sulfuros de alta temperatura, fundamentalmente las molibdenitas, que como es sabido, donde más abundan es en las pegmatitas y rocas neumatóliticas. Las razones fundamentales son la similitud de los radios iónicos de renio y molibdeno, la volatilidad de sus cloruros y su

habilidad para formar sulfuros. Los radios iónicos dados por Ahrens (26) son  $Re^{4+}$ , 0,72,  $Re^{2+}$ , 0,56 Å; éstos pueden compararse con  $Mo^{4+}$ , 0,70,  $W^{4+}$ , 0,70,  $Mn^{4+}$ , 0,60,  $Mo^{6+}$ , 0,62,  $W^{6+}$ , 0,62 Å. Sería, pues, razonable esperar que el renio estuviese asociado con  $Mo^{4+}$  y  $W^{4+}$  y, en menor grado, con  $Mn^{4+}$ .

Fleisher (27), sin embargo, hace la siguiente observación: «Es probable que el tamaño del radio iónico tenga poco que ver con la posible entrada del renio en los minerales molibdenita y tunstenita, en los que el enlace es covalente; sin embargo, el sulfuro de renio tiene una estructura cristalina muy similar a la de la molibdenita y tunstenita». La proporción de Re en las molibdenitas varía grandemente incluso en un mismo yacimiento.

En los sulfuros de baja temperatura, el contenido de renio decrece a veces a casi cero.

El ciclo geoquímico del renio se conoce de forma muy incompleta. Durante la meteorización de las rocas, el renio se disuelve como perrenato. Esta puede ser la causa de la presencia del renio en depósitos minerales de la plataforma de Colorado (28); en una serie de muestras de la mina Sun Valley en Coconino County, Arizona, se encontró renio soluble en agua, asociado con uraninita en cantidades que oscilaban entre 0,005 y 0,1 por 100 de Re. También muestras obtenidas en la zona Ouray Indian Reservation de la plataforma de Colorado contenían el mineral ilsemannita, que es un compuesto soluble en agua de los óxidos más bajos de molibdeno. Estas muestras presentan concentraciones tan altas de Re como 0,2 por 100, basado en el equivalente de 100 por 100 de molibdenita. Este puede ser también el origen del enriquecimiento observado por nosotros en los lignitos, objeto del presente trabajo. El renio en forma soluble debe pasar al agua del mar, pudiendo concentrarse en sedimentos bituminosos, especialmente en ciertos sulfúreos.

Se carece totalmente de información relativa a la bioquímica del renio; al parecer es tóxico para las plantas (29).

## 2.2. Renio en minerales

Se han analizado un gran número de minerales desde el descubrimiento del renio en 1925. Sólo los Noddack señalan 1.600 muestras de minerales y rocas, aunque sólo publicaron los resultados de 220 muestras. Se ha determinado la concentración de renio en óxidos (cromita, casiterita, pirolusita, rutilo), sulfuros (molibdenita, pirita, calcopirita, calcocita, argentita, marcasita), seleniuros (clausthalita, berzelianita), silicatos (gadolinita, zircón, thortveitita, orangita), sales (wulfenita, wolframita, monazita, scheelita, columbita-tantalita, columbatos-tantalatos complejos —fergusonita, euxenita,

samaraskita—, minerales complejos de platino). La molibdenita es con mucho el de más alto contenido en renio, y prácticamente la única fuente de recuperación de dicho elemento. No hemos encontrado en la bibliografía que ningún otro mineral analizado tenga tanto como 2 ppm de Re. Hemos de hacer observar que los datos se encuentran muy dispersos en la bibliografía, y que la exactitud de esos análisis es problemática.

Los depósitos de molibdenita en Noruega, África, Japón, Australia y otros países, según datos de 1929 (19), (30), tienen contenidos de renio comprendidos entre 0,6 y 21 ppm. Fleisher (27) recopila datos sobre la concentración de Re en 82 muestras de todas partes del mundo.

En la década 1940-1950 fue descubierto renio en molibdenitas de varios estados de Estados Unidos, como Nevada, Nuevo Méjico, Arizona, Utah (31).

La concentración más alta de Re encontrada en molibdenitas ha sido de 0,2 por 100 en una muestra de los yacimientos de Suecia (Lainejaur). Magak'yan et al. (32) han encontrado 1,88 por 100 de Re en unos depósitos de Armenia, U. R. S. S.; ignoramos si ese valor se refiere al mineral o un concentrado del mismo.

Se ha encontrado también renio en las pizarras cupríferas de Mansfeld y en yacimientos porfiríticos de cobre de varios depósitos de Kazakhsan, Siberia y Armenia (U. R. S. S.) y de diferentes estados de Estados Unidos.

No se puede hacer ninguna generalización sobre la concentración de renio en los minerales antes señalados, y sobre el modo cómo se encuentran desde el punto de vista geológico. Es evidente que hay una amplia variación de concentraciones, incluso dentro del mismo depósito. Desgraciadamente, no hay, salvo contadas excepciones (18), datos geológicos sobre las muestras, una gran parte de las cuales son concentrados. En el estudio de Studenikova y Zolotareva (18), el intervalo de variación de la concentración de Re es pequeño, con una excepción, y el yacimiento es de tipo poco usual, de modo que los resultados son poco expresivos.

El Re puede sustituir isomórficamente al Mo en molibdenitas. Su comportamiento es, por tanto, indistinguible de aquel del Mo durante su enriquecimiento por flotación, y se concentra en una considerable extensión con respecto al mineral bruto. Así, el contenido de Re en concentrados de molibdeno de yacimientos de Kounrad (U. R. S. S.) alcanza el valor de 150 ppm (33).

En 1950-51 Kovyrsin descubrió en concentrados de cobre de Dzhezkazgan cantidades de renio relativamente altas (12).

Dada la considerable concentración que experimenta el renio en estos procesos de enriquecimiento, creemos de interés una investigación apropiada

de los productos residuales de tratamientos metalúrgicos de minerales portadores de cantidades muy pequeñas de dicho elemento.

Según los datos publicados (27), el Re no está presente en cantidades apreciables en molibdatos, en contra de lo que cabría esperar, teniendo en cuenta sus radios iónicos y los potenciales de ionización. El Re y Mo de wulfenita no deben derivar directamente de la oxidación de molibdenita. En la actualidad, se cree que la wulfenita se ha formado por reacción del plomo, en el depósito de mineral, con molibdeno lavado de los sedimentos superiores, especialmente pizarras. También pueden jugar un importante papel en esta evidente separación las solubilidades relativas de Mo y Re. El trabajo de Petersen, Hamilton y Myers (28), ya citado, sobre la presencia de Re en depósitos minerales de la plataforma de Colorado, asociado con Mo y U, es de interés a ese respecto.

## 2.3. Minerales de renio (34)

A continuación se resume la evidencia que existe sobre posibles minerales de renio:

$S_2Re$ ? En un estudio sobre la mineralización de las pizarras cupríferas de Mansfeld, Schüller (35), sugiere que el renio existe en tales depósitos como  $S_2Re$ . Dicho sulfuro forma la parte central de las partículas esféricas de molibdenita y difiere de ésta por su mayor dureza, débil anisotropía y tinte amarillo. La dificultad en separar el material puro no ha permitido estudiar debidamente el posible mineral. Knitzschke (36) señala, por otra parte, que las relaciones Re: Mo en Mansfeld y Sangerhausen son inesperadamente altas.

Dzhezkazganita. Un detallado estudio mineralógico y químico de los minerales dispersos en las areniscas cupríferas de Dzhezkazgan (Kazakhsan, U. R. S. S.) descubrió agregados extremadamente finos de un nuevo mineral de renio, dzhezkazganita, en estrecho contacto con bornita, calcocita y galena (37), (38), (39). Según Poplavko, el nuevo mineral, que se encuentra en forma de laminillas (rara vez  $> 0,1$  mm.), contiene 40-50 por 100 de Re y 15-20 por 100 de Cu y propone la fórmula  $S_4ReCu$ . Dedeshko et al. (40) sugieren que el mineral de renio es probablemente un sulfuro de molibdeno y renio (Re: Mo  $\sim 1$ ), en el cual el cobre no es un componente mayor.

Minerales de Kipushi. Capitan et al. (41) han estudiado la distribución del renio en una muestra de un complejo de minerales de las Minas del Príncipe Leopoldo, Kipushi (Katanga, Congo). Los minerales principales de la muestra eran molibdenita, tennantita y bornita, por orden de abundancia, con otros minerales accesorios incluyendo cal-



cocita, covellina, piritita y blenda. La distribución del renio en la molibdenita era variable, y la existencia de concentraciones locales parece indicar la presencia de un mineral de renio específico. Las inclusiones eran demasiado pequeñas para realizar un análisis cuantitativo, aunque contenía «varias décimas por 100 de renio».

$O_7Re_2$ ? Petersen et al. (28) encontraron hasta 0,07 por 100 de renio en muestras de rocas sedimentarias triásicas en una mina de uranio de Sun Valley, Arizona (EE. UU.), mediante un análisis espectrográfico semicuantitativo. El renio está asociado con uranio y molibdeno y, a través de una serie de experiencias, llegaron al convencimiento de que dicho elemento estaba presente en forma de  $O_7Re_2$ , soluble en agua.

### 3. CONSIDERACIONES GEOQUÍMICAS SOBRE EL URANIO

Existe una extensa bibliografía sobre la geoquímica del uranio. Nos limitaremos, por ello, a hacer algunas consideraciones sobre la geoquímica del uranio en rocas sedimentarias, con especial referencia a su asociación a carbones.

El U es un elemento oxífilo que se concentra en los magmas residuales durante la diferenciación magmática. La mayor parte del uranio de la corteza terrestre se cree que está en la litosfera superior, preferentemente concentrado en rocas ácidas o félsicas, en parte como minerales de uranio y en mayor extensión sustituyendo isomórficamente a algunos elementos, como calcio y tierras raras, en ciertos minerales. La concentración media estimada (22), (23), de uranio en la corteza terrestre es de 4 ppm.

El uranio que queda en libertad por meteorización de rocas ígneas, y también de metamórficas y sedimentarias, se deposita posteriormente singenética o epigenéticamente en diversas clases de rocas y sedimentos, formando óxidos hidratados, fosfatos y silicatos y, a veces, es lavado de ellos, probablemente como sales complejas solubles de uranio.

El uranio disuelto en aguas superficiales y subterráneas puede redepositarse o pasar con ellas a los océanos. Dicho elemento puede ser extraído de las soluciones acuosas por adsorción en diversos sedimentos, precipitación, sustitución isomórfica y extracción por organismos. Los compuestos uraníferos precipitan usualmente en medios fuertemente reductores. Pueden ser adsorbidos por precipitados gelatinosos de sílice, hierro, aluminio y manganeso, minerales arcillosos y compuestos orgánicos.

Los restos de plantas originan dos tipos de sedimentos carbonosos, los húmicos (carbones) y los sapropélicos (cannels), según las condiciones de

deposición, que determinan un bajo contenido en hidrógeno y alto en carbono y oxígeno en los primeros, y un alto de hidrógeno y carbono en los segundos. Las concentraciones más altas de uranio encontradas en rocas sedimentarias corresponden a esquistos sapropélicos negros de origen marino, con excepción de algunos depósitos epigenéticos. En general la concentración de uranio aumenta en estos esquistos con su contenido en carbono. Muchos depósitos de este tipo de sedimentos no contienen uranio.

La asociación del U con los carbones fue reconocida hace ya bastantes años (1875), en que dicho elemento fue identificado en el carbón de la mina Old Layden, cerca de Golden, Colorado (EE. UU.) (42). Sin embargo, hasta hace sólo unos años no era considerada importante, a causa de que se encuentra presente generalmente en concentraciones del orden de  $10^{-4}$  por 100 o menores; pero, se han encontrado ya carbones con hasta 6 por 100 de uranio, aunque la mayor parte de los depósitos de interés económico tienen concentraciones de dicho elemento de 0,05 a 0,2 por 100 en cenizas. Importantes reservas de uranio constituyen las minas de lignito de Dakota del Sur (EE. UU.). Se ha despertado por ello gran interés, puesto de manifiesto por los numerosos trabajos publicados, fundamentalmente en EE. UU., de los que existen varias revisiones bibliográficas (43), (44), (45).

El uranio se encuentra enriquecido fundamentalmente en los lignitos (1). Esto está de acuerdo con las investigaciones realizadas (46), a fin de determinar la capacidad relativa de diversos tipos de sustancias carbonosas para extraer el uranio de sus soluciones acuosas. El resultado de estas experiencias indica que los lignitos son los más efectivos en la retención del uranio. Casi el 100 por 100 dicho elemento fue extraído de una disolución acuosa de  $SO_4UO_2$  (196 ppm) por carbones subbituminosos mediante un proceso al parecer irreversible.

Aunque se han encontrado minerales secundarios de uranio en algunos carbones de alta clase, lo usual es que esté muy disperso en forma no bien determinada —compuestos orgánicos, organometálicos, absorbido... Se ha observado que en algunos depósitos de carbón pequeños y aislados, la distribución del uranio es casi uniforme, pero por lo general y en depósitos grandes la concentración de uranio es muy irregular. Denson y colaboradores (47), en sus estudios de lignitos de Dakota del Sur, encontraron que sólo eran apreciablemente uraníferas las capas de lignito inmediatamente debajo de la formación tobácea oligocena White River, que cubre de forma poco uniforme las capas de carbón. La concentración de U era mayor en el techo. Hallaron también concentraciones de uranio relativamente altas en capas inferiores adya-

centes a fallas o grietas, o en zonas donde estaban en contacto con una capa de arenisca permeable. Circunstancias similares se dan en carbones uraníferos de otras partes del mundo.

Han sido formuladas en la bibliografía hipótesis singenéticas, diagenéticas y epigenéticas para explicar el origen de dicho enriquecimiento de uranio en diversos depósitos de carbón.

A causa de que ciertas plantas concentran cantidades apreciables de uranio, hasta el punto de tener valor en la prospección de dicho elemento, podría pensarse en las plantas vivas como medio de enriquecimiento en carbones. No abogan por esta hipótesis la distribución horizontal y vertical del uranio tan irregular en las capas de carbón, las relaciones regionales y su concentración local a lo largo de fracturas y capas permeables. Sin embargo, la distribución uniforme de uranio en pequeños depósitos aislados sugiere que dicho elemento fue introducido antes de la carbonización.

Se han considerado varias fuentes posibles del enriquecimiento de uranio en carbones:

- Soluciones hidrotermales que ascienden a lo largo de fallas (48).
- Aguas de lavado de macizos graníticos durante su meteorización (49).
- Aguas de lavado de rocas y cenizas volcánicas.
- Aguas de lavado de titanio-niobatos meteorizados (49).

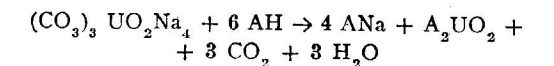
Puesto que las soluciones de uranio anteriores son muy diluidas, la formación de depósitos de carbón uraníferos deben exigir mucho tiempo, de modo que el carbón esté en contacto con un gran volumen de dichas soluciones. Sin embargo, Breger y Deul (50) señalan que muchos carbones no son suficientemente permeables para permitir el paso de esas cantidades de solución. Esto apoya las razones de Gott y otros (51), de que la introducción del uranio debió de tener lugar antes del proceso de carbonización. Es posible, además, que las relaciones de permeabilidad expliquen el enriquecimiento de uranio en el techo y muro de muchas capas de carbón y su relativo enriquecimiento en capas de alto contenido de cenizas.

El molibdeno está estrechamente asociado con el uranio en lignitos, en concentraciones de 0,01 a 1,0 por 100 en cenizas. Esta asociación es considerada por King (52), incompatible con un origen en rocas sedimentarias.

La acumulación del U en el carbón puede, pues, variar considerablemente de un lugar a otro, y cada nuevo depósito en estudio debe ser objetivamente considerado e interpretado en relación con la historia geológica de la región en que se encuentra enclavado. Es posible deducir el origen del

uranio de la forma y tamaño del depósito, de la distribución de dicho elemento dentro del mismo y del tipo de ganga mineral que caracteriza al depósito. Por el contrario, el conocimiento del origen del depósito es de considerable importancia económica, ya que permite conducir la explotación de la manera más conveniente.

La fijación del uranio en el carbón puede tener lugar por reacción química, adsorción e intercambio iónico (46), (47), (53). Moore (46) considera que el uranio forma compuestos organometálicos. Breger, Deul y Rubinstein (54) al observar que el pH de varios lignitos es menor de 6,5, estiman posible la siguiente reacción:



donde AH representa los ácidos del lignito. El compuesto  $A_2UO_2$  debe ser insoluble para valores de pH superiores a 2,18.

### 4. PRINCIPALES RASGOS GEOLÓGICOS DE LA CUENCA

#### 4.1. Situación de la cuenca

La cuenca lignífera de Arenas del Rey está situada en la provincia de Granada y comprende parte de las Hojas 1.040 y 1.041 (Zafarraya y Durcal, respectivamente).

Pertenece a la Cuenca Miocena de Granada, de la cual constituye parte de su límite meridional. Presenta, no obstante, ciertos rasgos diferenciales como consecuencia de su ubicación marginal y del hecho de que durante ciertos momentos de su historia debió estar aislada o muy precariamente conectada con el resto de la cuenca, como consecuencia de los materiales triásicos y paleozoicos sobre los que se asienta. Estos constituyen un sinclinal E.-W., cuyo eje se inclina hacia el W.; en sus flancos afloran dolomías triásicas y en su centro quedan pizarras paleozoicas alóctonas del «Manto de Málaga». Estos dos materiales no solamente constituyen el substrato de la serie miocena, sino el «área fuente» de la que ésta se alimentó. Cabría, pues, esperar que de ellos procediesen el U y Re que estudiamos los cuales habrían sido fijados por el lignito.

#### 4.2. Niveles litoestratigráficos

En síntesis, los niveles litoestratigráficos que componen la serie miocena son:

*Molasas, maciños y arenas basales*, que descansan discordantemente sobre Triás o Paleozoico. Su espesor varía desde 5 a 150 m. Son formaciones

marinas (aunque de facies litoral) y en ellas no hay lignitos. Edad Tortonense.

*Margas limosas y yesos.* Representan las margas azules características del Mioceno medio. Aparecen con una potencia muy variable, que oscila entre unos 200 m., aproximadamente al W.-NW. de la zona de lignitos explotables y sólo unos 50 m. bajo éstos. Edad Tortonense.

*Calizas y margocalizas de facies "páramos"* (¿Pontiense?), cuya potencia oscila entre 3 y 10 m. En su base alternan con las capas de lignito en estudio. Estos lignitos no son exclusivos de esta zona, ya que se presentan en toda la Cuenca Miocena de Granada (y en otras similares). Su potencia no suele pasar de unos centímetros, salvo en Arenas del Rey, donde una de sus capas (la principal) es explotable.

*Limos y arenas micáferas,* de colores blanco o amarillentos, cuya potencia aumenta rápidamente hacia el borde SE. con más de 80 m. Pliocuaternalio.

*Conglomerado de matriz arcillosa roja,* que forma las «mesas» características de esta zona. Potencia superior a 30 m. Pliocuaternalio.

#### 4.3. Rasgos tectónicos

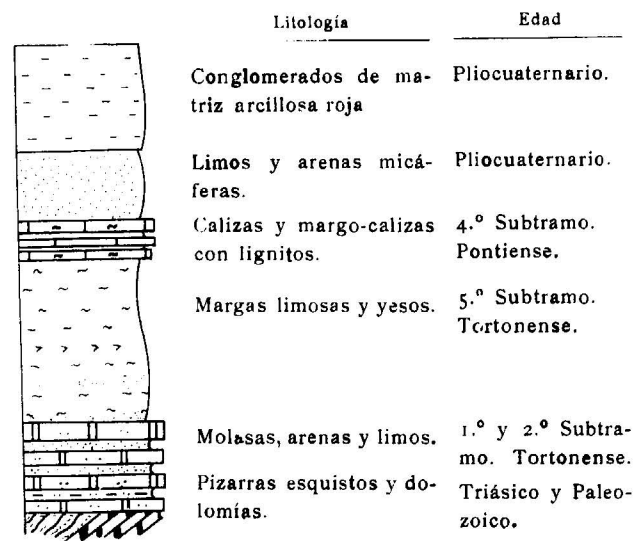
Los principales rasgos tectónicos creemos que están suficientemente explícitos en el Plano Geológico adjunto. Se deduce del mismo que las estructuras de la serie miocena resultan de su acomodación a la estructura del substrato, consistente en un sinclínorio afectado por una tectónica de fractura N. 45 W., que individualiza en el mismo una serie de bloques con dicha dirección.

Durante la sedimentación miocena hay una basculación ininterrumpida hacia el S.-SE. del bloque situado al SE. del «Umbral», que es la responsable de una mayor potencia de los materiales (de la que participan los lignitos) y de una marcada discordancia progresiva.

#### 4.4. Umbral de sedimentación

Tras el estudio comparativo de la serie miocena en diversos puntos, y de la cartografía detallada, se ha localizado una franja de unos 500 m. de anchura y dirección NE.-SW., que marca una neta separación entre los materiales situados a ambos lados; al E.-SE. (zona de Arenas del Rey) la sedimentación se realiza sobre un fondo muy somero que sufre una basculación constante hacia el SE. En él están los lignitos explotables; al W.-NW. se extiende una zona más profunda y homogénea, con calizas de páramos, que encierran hiladas de lignito nunca explotables.

#### CUENCA MIOCENA DE GRANADA. ESQUEMA DE SU COLUMNA ESTRATIGRAFICA



#### 4.5. Capas lignitíferas

Se encuentran asociadas a la base de las «calizas de páramos». Su número y potencia es variable de un punto a otro. En la zona de Arenas del Rey existe una capa de tres metros de lignito sin intercalación de ningún otro material, limitada superior e inferiormente por margocalizas y algunas capas de areniscas micáferas. Esta capa principal está acompañada de otras cuatro de potencia más reducida (15-20 cm.) separadas entre sí por margocalizas.

Su origen es netamente alóctono, por acumulación de materiales vegetales procedentes del SE.; se trata realmente de una formación de estuario o delta. Es presumible que la potencia de estas capas aumente rápidamente en tal dirección.

Como se indica en el plano geológico, la extensión de las capas de lignito es grande, pero la zona donde llegan a ser explotables es bastante reducida.

### 5. PARTE EXPERIMENTAL

#### 5.1. Toma de muestras

La recogida de muestras se ha realizado tras la cartografía geológica detallada (escala 1:30.000) de la cuenca lignitífera de Arenas del Rey, de manera tal que todos los niveles de la misma queden suficientemente representados. En cada punto o

# CUENCA LIGNÍFERA DE "ARENAS DEL REY" (Granada)

PLANO GEOLÓGICO Y SITUACIÓN DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS.



## LEYENDA

	TERRAZAS ALUVIALES.....	CUATERNARIO
	CONGLOMERADO.....	PLIOCUATERNARIO
	LIMOS Y ARENAS MICAFERAS.....	IDEM.
	CALIZA Y MARGOCALIZA CON HILADAS DE LIGNITO PONTIENSE?	
	IDEM. CON CAPAS EXPLOTABLES DE.....	IDEM.
	MARGAS LIMOS Y YESOS.....	TORTONENSE.
	MOLASAS, MACIÑOS Y ARENAS.....	IDEM.
	PIZARRAS Y ESQUISTOS.....	PALEOZOICO.
	DOLOMITAS.....	TRIÁSICO.
	UMBRAL SEDIMENTARIO.	

ESCALA  
500 m 1 000 m 1 500 m 2 000 m

estación elegida se han tomado varias muestras de cada capa, situadas en su techo, centro y muro.

Con objeto de conocer la posible influencia de las aguas superficiales en la distribución del U y Re, se tomaron muestras a diversas profundidades, desde 2 cm. hasta 1 m., e incluso (cuando había labores mineras) hasta 4, 5 y 10 m. de profundidad.

En la primera fase de recogida de muestras se tomaron lignitos y otros materiales englobados o encajantes no carbonosos (arcillas, areniscas, margas y calizas) y, tras los resultados de sus análisis, nuestra atención se centró más especialmente en las margas y en las capas más potentes de lignitos, por ser estos materiales los que mostraron mayor contenido.

El peso de cada muestra era de 1 kg. aproximadamente.

### 5.2. Métodos de análisis

Para la determinación del renio se ha utilizado un método de análisis por activación neutrónica, establecido previamente por uno de los autores (55). El error «standard» vale, si  $x$  es la concentración de renio en ppm de la muestra, y en las condiciones en las que se han realizado las medidas

$$\sigma (\%) \simeq \frac{1}{x}$$

Se ha empleado un procedimiento radiométrico (56) para determinar el contenido de uranio, que permite obtener resultados estadísticamente aceptables, en general, para valores de U superiores a 4 ppm.

## 6. RESULTADOS

En este informe se incluyen los valores del contenido de Re y U de muestras de lignitos correspondientes a varios puntos situados a lo largo de la Cuenca de Arenas del Rey, Hojas 50.000 del Mapa Geológico de España números 1.040 (Zafarraya) y 1.041 (Durcal), a fin de observar las variaciones regionales.

### 6.1. Tabla I

Los resultados incluidos en la Tabla I corresponden a muestras de una misma zona de la Cuenca de Arenas del Rey, situada al W.-SW. de dicho pueblo, cerca de un yacimiento de vertebrados y su extensión no sobrepasa a 1 km<sup>2</sup> (36° 57' 40"-° 13' 10", Hoja 50.000 del Mapa Geológico de España número 1.040, Zafarraya).

Son muestras de lignitos muy impuras; realmente se trata de impregnaciones de lignito en

diversos materiales (arcillas, limos margosos, óxidos de hierro, etc.).

TABLA I

Muestra	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)	U/Re (10 <sup>-3</sup> )
1	88	17	0,03	5,6
2	85	43	< 0,03	
3	87	34	< 0,03	
4	88	13	< 0,03	
5	89	10	< 0,03	
7	89	19	< 0,03	
8	89	10	< 0,03	
9	91	13	< 0,03	
10	89	11	< 0,03	
11	90	10	< 0,03	
15	90	< 4	< 0,03	
16	91	6	< 0,03	
19	90	11	< 0,03	
21	95	< 4	< 0,03	
22	95	< 4	< 0,03	
23	91	19	< 0,03	
25	91	16	< 0,03	
27	89	31	0,04	7,7
28	90	37	< 0,03	
29	93	5	< 0,03	
30	92	5	< 0,03	
31	88	4	< 0,03	
32	91	6	< 0,03	
33	91	< 4	< 0,03	
38	87	14	< 0,03	
40	56	233	0,09	26,0
42	64	298	0,04	74,5
43	64	26	< 0,03	
44	80	54	0,08	6,8

### 6.2. Tabla II

En la Tabla II se incluyen los valores obtenidos para muestras de lignito, pertenecientes a la antigua explotación de la «Colonia de los Gitanos», al NW. del pueblo de Arenas del Rey (36° 57' 10"-° 11' 50", Hoja 50.000 del Mapa Geológico de España, número 1.040, Zafarraya). Las muestras fueron tomadas del techo al muro, habiendo 10 centímetros entre muestra y muestra, a fin de observar la variación vertical del contenido de Re y U dentro de la capa de carbón.

### 6.3. Tabla III

Las muestras incluidas en esta Tabla se tomaron en cuatro puntos próximos, en los que afloran ca-

TABLA II

Muestra	Cenizas (%)	Muestra (ppm)		Carbón (ppm)		Cenizas (ppm)		U/Re (10 <sup>-2</sup> )
		Re	U	Re	U	Re	U	
45	42	0,44	105	0,75	181	1,04	250	2,4
46	34	0,42	101	0,64	153	1,24	297	2,4
47	25	0,57	96	0,76	128	2,28	384	1,7
48	32	0,37	100	0,54	147	1,16	312	2,7
49	44	0,37	108	0,66	193	0,84	245	2,9
50	66	0,26	72	0,76	212	0,39	109	2,8
51	72	0,22	47	0,78	168	0,30	65	2,1
52	37	0,26	102	0,41	162	0,70	276	3,9
53	29	0,51	124	0,72	175	1,76	427	2,4
54	55	0,32	59	0,71	131	0,58	107	1,8
55	35	0,79	88	1,21	135	2,26	251	1,1
56	51	0,62	171	1,27	349	1,22	335	2,7
57	57	0,26	45	0,60	105	0,46	79	1,7
58	66	0,16	47	0,47	138	0,24	71	2,9
59	65	0,32	72	0,91	206	0,49	111	2,2
60	36	0,26	88	0,41	137	0,72	244	3,4
61	27	0,50	57	0,68	78	1,85	211	1,1
62	43	0,86	43	1,51	75	2,00	100	0,5
63	42	0,39	30	0,67	52	0,93	71	0,8

TABLA III

Muestra	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)	U/Re (10 <sup>-2</sup> )	Muestra	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)	U/Re (10 <sup>-2</sup> )
64	92	56	0,08	7,0	82	77	148	< 0,03	
65	78	48	0,13	3,7	83	80	122	0,10	12,2
66	79	47	0,05	9,4	84	85	22	0,04	5,5
67	92	8	< 0,03		85	88	36	< 0,03	
68	80	34	0,07	4,9	86	86	45	< 0,03	
69	77	51	< 0,03		87	88	17	0,06	2,8
70	80	56	0,07	8,0	88	92	17	0,12	1,4
71	86	51	< 0,03		89	60	56	< 0,03	
72	75	27	< 0,03		90	68	157	< 0,03	
73	87	54	0,21	2,6	91	93	27	< 0,03	
74	86	75	0,08	9,4	92	93	22	< 0,03	
75	88	50	0,06	8,3	93	86	24	< 0,03	
76	95	7	< 0,03		94	83	44	< 0,03	
77	95	11	< 0,03		95	88	22	< 0,03	
78	88	84	0,10	8,4	96	88	36	< 0,03	
79	84	80	0,06	13,3	97	80	34	< 0,03	
80	80	165	< 0,03		98	82	18	0,10	1,8
81	79	153	< 0,03						

pas carbonosas y corresponden a la Hoja 50.000 del Mapa Geológico de España, núm. 1.040 (Zafarraya):

Punto 1. Muestras 64 a 73 (36° 57' 20"-0° 11' 35").  
 Punto 2. Muestras 74 a 89 (36° 57' 42"-0° 11' 30").  
 Punto 3. Muestras 91 a 95 (36° 57' 42"-0° 11' 35").  
 Punto 4. Muestras 96 a 98 (36° 57' 40"-0° 11' 42").

Posiblemente corresponden a la capa principal y capas adyacentes de la antigua explotación de Arenas del Rey. En cada punto se tomaron muestras en sentido vertical y horizontal.

Son muestras de lignitos muy impuras o impregnaciones de lignito, con nódulos arcillosos, restos fósiles y óxidos de hierro.

La muestra 67 es de una arcilla englobada en la muestra 65; las 76 y 77 son de areniscas muy ligeramente impregnadas de lignito. Las muestras 87 y 88 corresponden a las 85 y 86, pero mucho más meteorizadas.

#### 6.4. Tabla IV

Las muestras a las que corresponden estos valores fueron tomadas, la 101 al E. de Fornés (36° 57' 10"-0° 09' 20") y las restantes a 36° 57' 05"-0° 09' 00", de la Hoja 50.000 del Mapa Geológico de España número 1.041 (Durcal).

Las muestras 103, 104, 106, 107 y 108 a 111, corresponden a tres capas finas de impregnación de lignito en margas, de muro a techo.

TABLA IV

Muestra	Materia fija a 550°C (%)	U (ppm)	Re (ppm)	U/Re (10 <sup>-2</sup> )
101	> 95	9	0,06	1,5
102	> 95	9	< 0,03	
103	83	65	< 0,03	
104	88	58	< 0,03	
106	90	15	< 0,03	
107	90	25	< 0,03	
108	83	163	< 0,03	
109	84	134	0,13	10,3
110	85	83	0,20	4,1
111	87	67	0,06	11,1

#### 7. CONSIDERACIÓN DE LOS RESULTADOS

Del estudio de los datos en las Tablas I a IV y de los hechos geológicos y geoquímicos establecidos pueden hacerse las siguientes consideraciones generales:

1.<sup>a</sup> Existe un enriquecimiento de Re y U en los lignitos e impregnaciones carbonosas de la Cuenca de Arenas del Rey.

Los factores de enriquecimiento máximos de Re y U en lignitos, con respecto a la corteza terrestre, observados son:

- a) En muestras, 860 y 75, respectivamente.
- b) En cenizas, 2.280 y 200, respectivamente.

No consideramos de interés económico la recuperación de dichos elementos de los lignitos de esta zona.

2.<sup>a</sup> Los valores de la relación U/Re se mantienen dentro de límites relativamente estrechos, y parece existir una posible asociación mineralógica.

3.<sup>a</sup> Se observa una íntima asociación de dichos elementos con la materia carbonosa de las muestras estudiadas, influyendo en el grado de enriquecimiento no sólo el contenido de materia fija a 550° C, sino también la potencia de la capa de lignito, que favorece dicho proceso. Las muestras de menor contenido de cenizas son, en general, las más enriquecidas.

4.<sup>a</sup> La distribución de Re y U en la materia carbonosa, es, en general, bastante uniforme, aunque existen algunos enriquecimientos locales más elevados. No se han observado grandes variaciones regionales ni verticales. Es el contenido de materia mineral el que determina la dispersión de los valores observados.

5.<sup>a</sup> Las zonas meteorizadas muestran un mayor enriquecimiento, en general, en dichos elementos. Ello implica que tanto el U como el Re deben haberse fijado a la materia carbonosa mediante un proceso irreversible.

6.<sup>a</sup> La naturaleza de las rocas encajantes (litología y comportamiento hidrogeológico) no parecen tener gran importancia en el grado de enriquecimiento de U y Re.

Sin embargo, en un estudio posterior de muestras carbonosas y no carbonosas de la Cuenca Miocena de Granada, la distribución de ambos elementos, fundamentalmente el Re, parece asociada a ciertos materiales arcillosos.

7.<sup>a</sup> Los hechos antes señalados y el tratarse de una formación muy reducida, nos llevan a creer que el proceso de enriquecimiento de Re y U en estos lignitos debió ser anterior a la carbonización de la materia orgánica. Dicho proceso pudo realizarse de forma irreversible, posiblemente por formación de compuestos organometálicos, a partir de un medio homogéneo conteniendo renio y uranio en forma soluble, perrenatos y sales de uranio, o de unas concentraciones litorales previas, debidas a la instauración de un paleoclima árido o semiárido, que a su vez condicionó la abundante foresta circundante que originó los lignitos. Debe tenerse en cuenta que las características de los lignitos de esta cuenca abogan por un origen alóctono. Fue, pues, la masa lignitífera en sí, y no su situación, la que condicionó el enriquecimiento. Es posible que a partir de ese medio y en determinadas condiciones químicas, favorecidas por una

matriz apropiada (¿margas?) se formará algún mineral de Re y U en materiales no carbonosos. Tal vez exista alguna relación entre ese posible mineral y los escasos enriquecimientos locales más altos observados.

8.ª Las hipótesis expuestas servirán como orientación y base de partida a trabajos futuros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. MARTÍN, A.: *Ensayos e Investigación*, 1 (núm. 2), 10 (1966).
2. CAMPBELL, I. E.; ROSENBAUM, D. M. y GONSER, B. M.: *Less-Common Metals*, 1 (3), 185 (1959).
3. KOGAN, B. I.: *Khim. Nauka i Prom.*, 1 (5), (1956).
4. MARTÍN, A.: *Ensayos e Investigación*, III (núm. 9), 16 (1968).
5. TYLER, P. W.: *Rhenium (and Masurium)*, U. S. Bureau of Mines (1981).
6. SCHROTTER, W.: *Das Rhenium*, Stuttgart (1932).
7. KRONMAN, O. T.: *Renii (Renio)*, Moscú (1932).
8. NODDACK, I. y NODDACK, W.: *Das Rhenium*, Leipzig (1933).
9. *Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie*, núm. 70 (Rhenium) Berlín (1941).
10. DRUCE, J. G. F.: *Rhenium*, Cambridge University Press (1948).
11. TRILABAT, S.: *Rhenium et Technetium*, Gauthier-Villars, París (1957).
12. LEBEDEV, K. B.: *The chemistry of Rhenium*, Butterworth, Londres (1960).
13. SAVITSKII, E. M.; RYABCHIKOV, D. I.; BIBIKOVA, V. I.; TYLKINA, M. A. POYAROVA, K. B.: *Rhenium*, ed. Board (1961).
14. GONSER, B. W.: *Rhenium*, ed., Elsevier Publishing Company (1962).
15. COLTON, R.: *The Chemistry of Rhenium and Technetium*, Interscience Publishers (1965).
16. PEACOCK, R. D.: *The Chemistry of Technetium and Rhenium*, American Elsevier Publishing Co., Inc., Nueva York (1966).
17. SIMS, C. T.; WYLER, E. N.; GAINES, G. B. y ROSENBAUM, D. M.: *Wright Air Development Center*, «WADC Tech. Rept.», 56-319. ASTIA Document N. AD 110596, páginas 1-224 (1956).
18. STUDENIKOVA, Z. V. y ZOLOTAREVA, V. A.: *Geokhimiya*, 1, 81 (1958); *Geochemistry*, 1, 109 (1958).
19. NODDACK, I. y NODDACK, W.: *Z. phys. Chem.*, 154, 207 (1931).
20. FERSMAN, A. E.: *Geokhimiya*, vol. IV, pág. 252, NEKhP. SSSR (1939).
21. BROWN, H. y GOLDBERG, E.: «Phys. Rev.», 76, 1260 (1949).
22. GOLDSCHMIDT, V. M.: *Geochemistry*, Oxford University Press, pág. 74 (1958).
23. MASON, B.: *Principios de Geoquímica*, Ed. Omega, S. A., página 59 (1960).
24. MORRIS, D. F. C. y SHORT, E. L.: *75-Rhenium, Handbook of Geochemistry (Heidelberg, Springer)* (1965).
25. LIBMAN, E. P.: *Especificaciones Industriales para minerales*, Handbook for Geologists, Ed., 61 (Galio y Renio), «Gosgeolizdt» (1948).
26. AHRENS, L. H.: *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 2, 155 (1952).
27. FLEISHER, M.: *Econ. Geol.*, 54, 1406 (1959).
28. PETERSEN, R. G.; HAMILTON, J. C. y MYERS, A. T.: *Econ. Geol.*, 54, 254 (1959).
29. WOOD, R. D. y HARRITON, H. G.: *Plant. Physiol.*, 28, 755 (1953).
30. NODDACK I. y NODDACK, W.: *Z. phys. Chem.*, 183, 353 (1929).
31. SIMS, C. T.: *Metal Ind.*, 87, 381 (1955).
32. MAGAKYAN, I. G.; PIDZHYAN, G. O. y FARAMAZYAN, A. S.: *Compt. rend.*, «Acad. Sci. SSR Armen.», 37, 77 (1963).
33. BIBIKOVA, V. I.: *Non-ferr. Metals*, Moscú, 4, 44 (1946).
34. MORRIS, D. F. C. y SHORT, E. L.: *Mineral. Mag.*, 35, (274), 871 (1966).
35. SCHÜLLER, A.: *Abh. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin*, «Kl. Chem. Geol. Biol.», 6 (1959).
36. KNITZSCHKE, G.: *Zeitschr. angew. Geol.*, 7, 349 (1961).
37. POPLAVKO, E. M.: *Rhenium, Trans. 2nd All-Union Conf. Inst. Metallurg.*, «Acad. Sci. URSS», Moscú (1964).
38. POPLAVKO, E. M.; MARCHUKOVA, I. D. y ZAK, S. Sh.: *Compt. rend.*, «Acad. Sci. URSS», 146, 433 (1962).
39. SATPAEVA, T. A.; KALININ, S. K. y MARZUVANOV, V. L.: «Bull. Acad. Sci. Kazakh SSR», 18, 58 (1962).
40. DEDESHKO, M. P.; SATPAEVA, T. A. y FAIN, E. E.: «Bull. Acad. Sci. Kazakh SSR», 20, 47 (1964); *Chem. Abst.*, 62, 7507 g (1964).
41. CAPITAN, M.; FRANCOTTE, J.; PICOT, P. y TROLY, G.: *Comp. Rend.*, «Acad. Sci. Paris», 257, 316 (1963).
42. BERTHOUD, E. L.: «Acad. Nat. Sci. Phil. Proc», 27, 363 (1875).
43. KEHN, T. M.: «U. S. Geol. Survey Bull.», 1059-A (1957).
44. SOJSTER, P. E. y CONKLIN, D. R.: «U. S. Geol. Survey Bull.», 1107-A (1958).
45. «Geol. Survey Bull.», 1055 (1959).
46. MOORE, G. W.: *Econ. Geol.*, 49, 652 (1954).
47. DENSON, N. M. y GILL, J. R.: *1.ª Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos*, Ginebra, 1955; Naciones Unidas, Nueva York, 1956.
48. PAGE, L. R.: *Econ. Geol.*, 45, 12 (1950).
49. *Exploration for Nuclear Raw Materials*, ed. R. D. Nisinger, D. von Nostrand Co. Inc., 1956.
50. BREGER, I. A. y DEUL, M.: *1.ª Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos*, Ginebra, 1955; Naciones Unidas, Nueva York, 1956.
51. GOTT, G. B.; WYANT, D. G. y BERONI, E. P.: *U. S. Geol. Survey Circular*, 220, 31 (1952).
52. KING, J. W.: *1.ª Conferencia Internacional sobre la Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos*, Ginebra, 1955; Naciones Unidas, Nueva York, 1956.
53. SZALAY, S.: *Acta geológica Hungarica*, 2, 299 (1954).
54. BREGER, I. A.; DEUL, M. y RUBINSTEIN, S.: *Econ. Geol.*, 50, 206 (1955).
55. MARTÍN A.; ELEJALDE, C. y ALBISU, F.: *Simposio sobre Aplicaciones de los Radiosótopos*, JEN, Madrid (1967).
56. ALBISU, F.: *Ensayos e Investigación*, 1, (núm. 4), 25 (1966).

Recibido: 1-IV-1970.

# Estudio cristalográfico de granates de facies metamórficas de Sierra Nevada

por P. FENOLL HACH-ALI (\*) y J. L. MARTIN VIVALDI (\*\*)

## RESUMEN

Se realiza un estudio acerca de algunas propiedades físicas de granates aislados de micaesquistos y anfibolitas granatíferas procedentes de rocas metamórficas de Sierra Nevada.

Los granates de estas rocas son fundamentalmente del tipo almandino espesartita, predominando más el término ferroso que el manganesífero. Se analiza la relación existente entre la composición química de los granates y el grado de metamorfismo, examinando brevemente las razones de algunas de las diferencias encontradas.

## ABSTRACT

Physical properties of garnets from garnetiferous micaschists and amphibolite, obtained from metamorphic rocks occurrences in Sierra Nevada, has been studied.

The garnets from these rocks are almandine-spessartine type, with more Fe than Mn. The relations between the chemical composition of garnets and the metamorphic grade are considered, and some differences found are briefly examined.

## INTRODUCCIÓN

Con objeto de completar una serie de estudios, que actualmente se vienen llevando a cabo sobre el metamorfismo en Sierra Nevada (Puga, 1969), se ha estudiado la composición mineralógica y química de ocho muestras de granates, procedentes de rocas metamórficas de Sierra Nevada, a partir de los datos obtenidos por medidas del tamaño de la celdilla unidad mediante difracción de rayos X, así como a partir de la determinación de los índices de refracción.

Se intenta correlacionar estas constantes físicas con la composición de los granates, empleando los diagramas de Sriramadas (1957) y de Winchell (1958). Los resultados obtenidos se comparan con los estudios realizados en las rocas que contienen dichos granates (Puga, 1969).

(1) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca.

(2) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid.

## MATERIAL Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

En la tabla I se numeran las muestras y se da el lugar de procedencia, así como el tipo de roca originaria y su posible situación estratigráfica.

### Preparación de las muestras

Las rocas en las que están contenidos los granates, se trituraron a un tamaño de grano comprendido entre 5 y 6 mm. de diámetro, con objeto de poder separar de un modo grosero los granates de la matriz. Estos granates llevaban adheridos, a veces, pequeñas láminas de mica y clorita y granos de anfíbol y turmalina, que no se pudieron separar manualmente. Por ello se molieron y pasaron a través de una serie de tamices, recogiendo la fracción comprendida entre 0,20-0,32 mm. de diámetro. Esta fracción se llevó a un separador isodinámico, con lo que se consiguieron separar prácticamente los granates de los otros minerales. Por último, se realizó una revisión con una lupa

TABLA I

Descripción de las muestras

Muestra	Localización	Tipo de roca (Puga, 1969)	Situación estratigráfica Puga, (1969)
(1) V-16	Ladera N, aguas abajo del río Dilar, al N-NW de la Laguna de Las Yeguas	Micaesquisto granatífero con epidota y turmalina (granate, con inclusiones de cloritoide azul)	Tramo de la Caldera.
(2) ML-103	Carretera Mulhacén-Capileira, kilómetro 18	Micaesquisto grafitoso con granate	Tramo de la Caldera.
(3) ML-401	Loma del Mulhacén, sobre la Laguna de la Caldera	Micaesquisto granatífero con grafito	Tramo de la Caldera.
(4) ML-74	Loma de los Raspones	Anfibolita granatífera	Tramo de la Caldera.
(5) V-175	Ladera W, aguas abajo del Barranco de San Juan, al E del kilómetro 32,4 de la carretera de Sierra Nevada	Micaesquisto granatífero con lentejones de marmol cipolínico	Mischungszone superior.
(6) V-220	Próximo al kilómetro 31 de la carretera de Sierra Nevada	Micaesquisto granatífero con cloritoide y turmalina	Mischungszone superior.
(7) M-28	Mecina Bombaron	Acumulación de granate en micaesquisto con granate y epidota	Mischungszone superior.
(8) CN-1010	Carretera Sol y Nieve	Micaesquisto granatífero	Mischungszone (¿inferior?)

binocular para asegurarse de que los granates estaban perfectamente aislados.

### Determinación de los índices de refracción

Estas medidas se han realizado por el método de inmersión en líquidos Cargille de altos índices. Los índices de refracción de los líquidos se determinaron usando luz amarilla de sodio y un microrefractómetro Zeiss, teniendo gran cuidado en obtener una mezcla homogénea de los líquidos, antes de introducir los granos de granate, cuyo índice había que determinar. Todas las medidas se han realizado a 25° C, y el error cometido fue de  $\pm 0,001$ .

### Determinación de la celdilla unidad

La longitud de la arista de la celdilla unidad se ha determinado por difracción de rayos X, usando el método difractométrico, y radiación Cu K $\alpha$ . Para

efectuar estas medidas se molieron y tamizaron los granates por 400 A. S. T. M.

El cálculo de (a) se ha efectuado a partir de nueve medidas correspondientes a altos ángulos, cuyos picos corresponden a valores de s (siendo  $s = h^2 + k^2 + l^2$ ) de 152, 148, 120, 116, 98, 88, 84, 80. Los valores de (a), así obtenidos, se representaron en función de los valores de  $\cos^2 \theta$  y así se obtuvo por extrapolación el valor de  $a_0$ .

### Análisis espectrográfico

Se ha realizado este análisis, con carácter sólo cualitativo. En estas determinaciones no se incluye el aluminio porque la limpieza del material analítico se realizó precisamente con alumina.

## RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

En la tabla II se exponen los valores obtenidos para los índices de refracción y tamaño de la cel-

dilla. En la tabla III se dan datos obtenidos por espectrografía.

metamorfismo de la roca huésped, las diferencias químicas en los granates no serán muy marcadas.

Ahora bien, la composición de los granates de rocas metamórficas estará relacionada tanto con la composición de la roca huésped como con el grado de metamorfismo. Esta última dependencia es difícil a veces de esclarecer, por la marcada influencia de aquella, pues de una revisión general de los granates ricos en Mn se ha visto que todos ellos proceden de rocas con alto contenido en dicho elemento. A pesar de ello, una serie de autores han atribuido la variación en la composición de los granates de rocas pelíticas al grado de metamorfismo (Goldschmidt, 1921; Miyashiro, 1953; Engel y Engel, 1960; Atherton, 1965). En los trabajos citados se llega a la conclusión de que con el metamorfismo creciente, el Fe<sup>2+</sup> crece, y el Mn<sup>2+</sup> decrece, e igual sucede para la pareja Mg<sup>2+</sup> y Ca<sup>2+</sup>, respectivamente. El componente manganesífero —espesartita—, ha sido descrito como perteneciente a las facies de las pizarras verdes (Woodland, 1938). Es Miyashiro quien ha dado una gran importancia a la composición del granate en relación con el grado de metamorfismo, llegando a establecer incluso el metamorfismo almandínico y no almandínico, basándose en la proporción de MnO en los granates. Sin embargo, Atherton estima que la complicada sustitución en los granates hace difícil una simple correlación, entre uno o más componentes, con el grado de metamorfismo. Para este autor, el empleo del contenido de MnO de los granates es de muy limitada utilidad, porque los granates ricos en MnO son frecuentes en rocas de alto y bajo grado de metamorfismo.

De los datos aquí obtenidos se deduce que la composición de los granates estudiados es fundamentalmente del tipo almandino-espesartita, predominando más el término ferroso que el manganesífero.

Para analizar la influencia mencionada del grado de metamorfismo en la composición química de los granates aquí estudiados, se ha obtenido un valor medio para los porcentajes de almandino y pirope contenidos en la Tabla IV. Igual se ha hecho para los de espesartita y grosularita. El conjunto de estos valores se resume en la tabla V, no referidos a 100 por 100.

Con estos valores se han obtenido unos coeficientes (Esp + Gros)/(Pir + Alm) equivalentes a (MnO + CaO)/(FeO + MgO), y se han representado gráficamente según valores decrecientes (figura 5 a). Se observa que las muestras (1) (2) y (3), se agrupan entre los de razón baja, mientras que las (5) y (7) lo hacen entre los de razón alta, lo que está de acuerdo con el grado de metamorfismo más alto para la primeras que para las segundas. Hacen excepción las muestras (4) y (6),

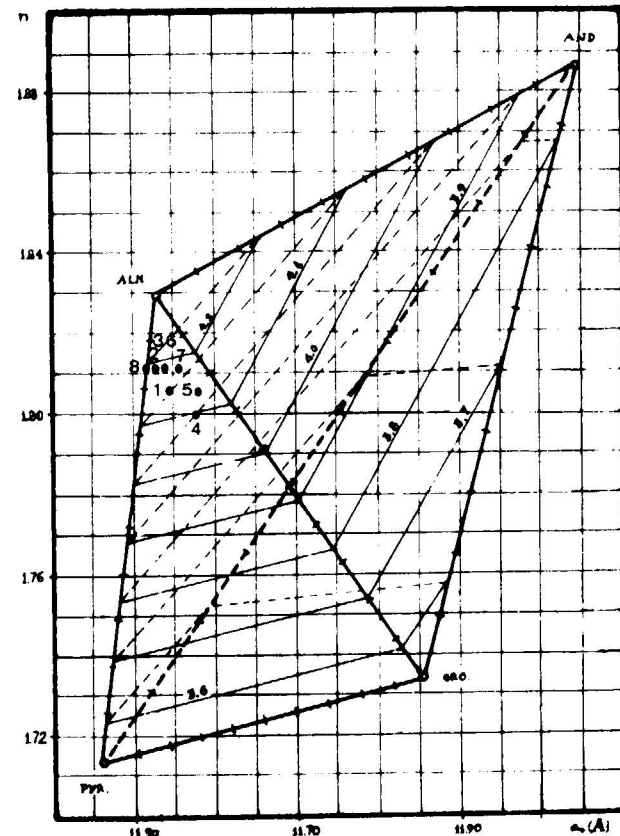


Fig. 1.—Diagrama Alm-Pir-Gros (Winchell, 1958).

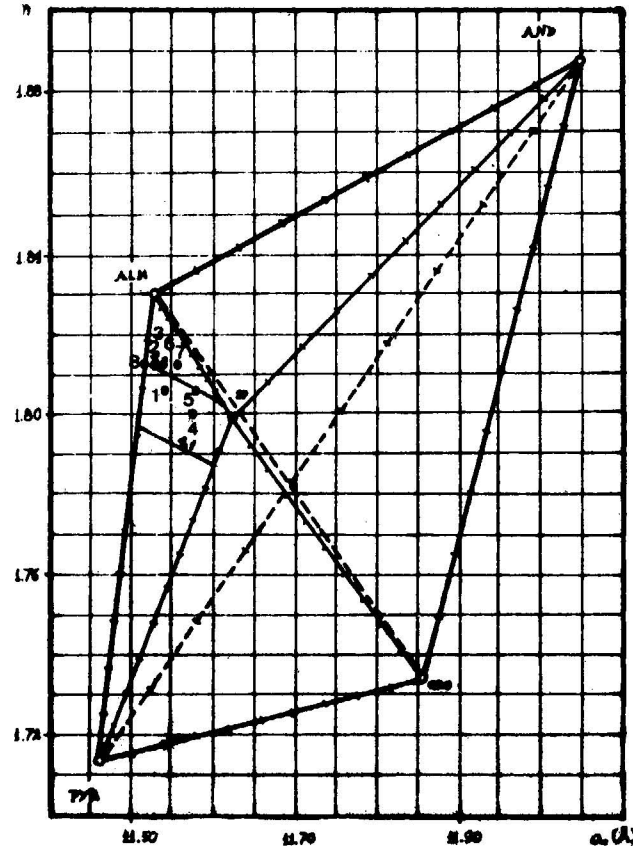


Fig. 3.—Diagrama Alm-Pir-Esp (Winchell, 1958).

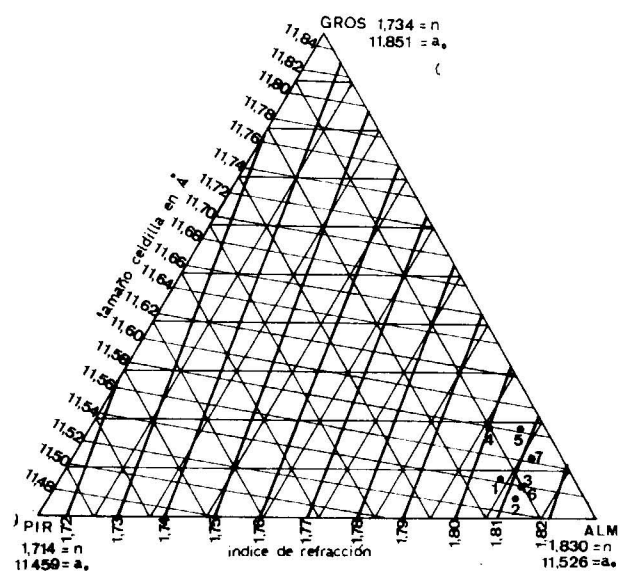


Fig. 2.—Diagrama Gros-Pir-Alm (Sriramadas, 1957).

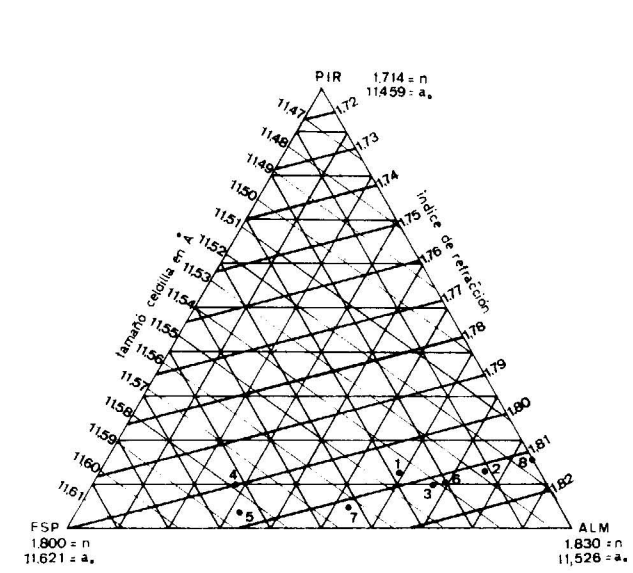


Fig. 4.—Diagrama Pir-Esp-Alm (Sriramadas, 1957).

TABLA II

Tamaño de celdilla e índices de refracción

Muestra N.º	a <sub>0</sub> en Å	n ± 0,001
(1) V-16 ... ..	11,545	1,807
(2) ML-103 ... ..	11,529	1,812
(3) ML-401 ... ..	11,541	1,812
(4) ML-74 ... ..	11,579	1,800
(5) V-175 ... ..	11,586	1,807
(6) V-229 ... ..	11,539	1,812
(7) M-28 ... ..	11,563	1,812
(8) CN-1010 ... ..	11,515	1,812

En las figuras 1 a 4 se muestran los diagramas de Winchell (1958) y Sriramadas (1957), a los que se han llevado los valores de n y a<sub>0</sub>, de la Tabla II, para calcular la composición mineralógica de los granates estudiados. Esta composición mineralógica deducida se resume en la Tabla IV. En ella se observa que a excepción de la muestra CN-1010 todas las muestras contienen fases con Ca, Mg, Fe y Mn (lo cual está de acuerdo, en general, con el análisis espectrográfico que da los cuatro elementos en todas). Además, los valores obtenidos para cada uno de los componentes concuerdan bien entre sí, independientemente del diagrama empleado para su cálculo.

El grado de metamorfismo viene caracterizado por un conjunto de minerales compatibles con las condiciones termodinámicas de equilibrio. Si uno de estos minerales corresponde por ejemplo a una serie isomorfa, es también característico el término correspondiente, es decir, que la composición química de la fase cristalina es hasta cierto punto dependiente de los valores de las variables termodinámicas.

Uno de los minerales que ha sido utilizado con este objeto ha sido el granate. Por ello, al determinar cristalográficamente la composición química de una serie de granates correspondientes a dos grupos de rocas metamórficas de diferente grado de metamorfismo dinámico, hemos intentado correlacionar ambos aspectos, aun que del estudio de las asociaciones minerales de las rocas en cuestión se sabe (Puga, 1965, 1966, y Puga et al., 1968), que un grupo de ellas pertenece a la subfacies menos metamórfica de la facies de anfibolitas y el otro a la subfacies más metamórfica de la facies de esquistos verdes. Puede pensarse ya de antemano, por ello, que al no ser muy diferentes los grados de



TABLA III

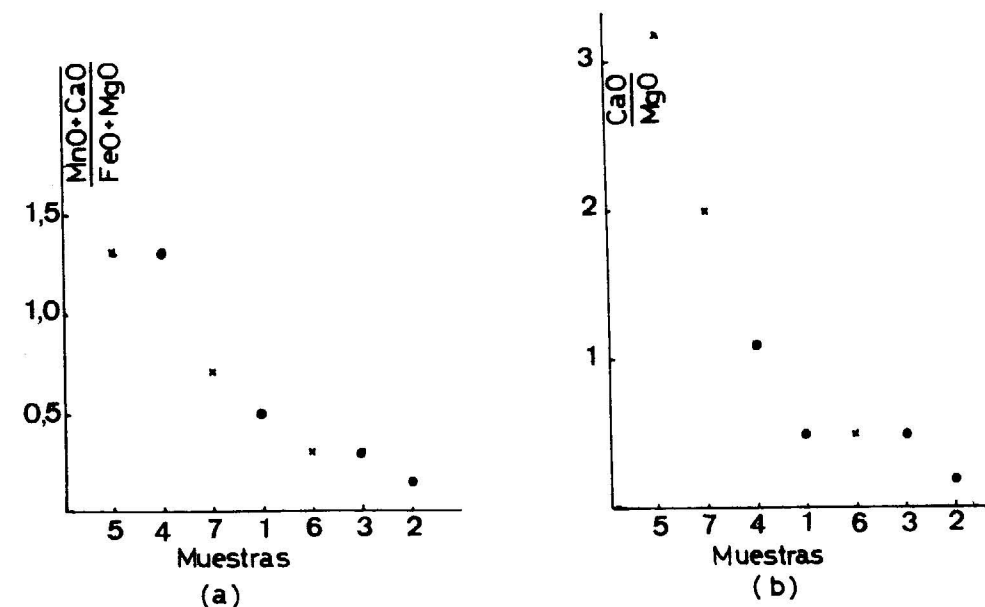
Resultados de espectrografía

Elementos	(1) V-16	(2) ML-103	(3) ML-401	(4) ML-74	(5) V-175	(6) V-229	(7) M-28	(8) CN-1010
Ca	+	+	+	+	+	+	+	+
Fe	+	+	+	+	+	+	+	+
Mg	+	+	+	+	+	+	+	+
Mn	+	+	+	+	+	+	+	+
Sr	+	+	+	+	+	+	+	+
Ag	—	—	—	—	+ ind	+ ind	+ ind	—
Be	+ ind	+	+	+ ind	—	+ ind	—	+
Bi	—	—	—	—	—	—	—	—
Cd	—	—	—	—	—	—	—	—
Ce	+	—	+	+	+	+	+	+
Cr	+	+	+	+	+	+	+	+
Cu	+	+	—	+	+	+	+ ind	+
Ga	+	+	+	+	+	+	+	+
Ge	+ ind	—	—	—	—	—	—	—
Ia	+	+ ind	—	—	+	—	—	+
Li	+	+	+	+	+	+	+	+
Mo	+	+	+	+	+	+	+	+
Ni	+	+	+	—	+	—	+	+
Pb	—	—	—	—	—	—	—	—
Sb	—	—	—	—	—	—	—	—
Sn	—	—	—	—	+	—	+	—
Sr	+	+	+ ind	+	—	+	+	—
Th	—	—	—	—	—	—	—	—
Ti	+	+	+	+	+	+	+	+
V	+	+	+	+	+	+	+	+
W	—	—	—	—	—	—	—	—
Y	+	+	+	+	+	+	+	+
Zn	+ ind	+	—	—	—	—	—	—
Zr	—	—	+	—	—	—	+	—
Hg	—	—	—	—	—	—	—	—
Ta	—	—	—	—	—	—	—	—
In	+ ind	+ ind	—	+ ind	+	+ ind	+	+
Rb	—	—	—	—	—	—	—	—
Cs	—	—	—	—	—	—	—	—

TABLA IV

Composición mineralógica deducida de los diagramas de Winchell (1958) y Sriramadas (1957).

Muestras	Fig. 1 (Winchell)			Fig. 2 (Sriramadas)			Muestras	Fig. 3 (Winchell)			Fig. 4 (Sriramadas)		
	Pir	Alm	Gros	Pir	Alm	Gros		Pir	Alm	Fsp	Pir	Alm	Esp
(1) V-16	15	77	8	13	79	8	(1) V-16	12	60	28	12	59	29
(2) ML-103	15	83	2	12	84	4	(2) ML-103	12	78	10	13	76	11
(3) ML-401	13	82	5	10	83	7	(3) ML-401	9	69	22	10	68	22
(4) ML-74	12	72	16	10	72	18	(4) ML-74	10	30	60	10	28	62
(5) V-175	6	78	16	5	77	18	(5) V-175	5	35	60	3	36	64
(6) V-229	13	82	5	10	83	7	(6) V-229	9	69	22	11	69	20
(7) M-28	7	83	10	5	82	13	(7) M-28	6	58	36	5	53	42
(8) CN-1010	15	85	—	—	—	—	(8) CN-1010	15	85	—	16	84	—



5.—(a) Relación MnO + CaO/FeO + MgO en función del grado de metamorfismo.  
(b) Relación CaO/MgO en función del grado de metamorfismo.

TABLA V

Valor medio de los porcentajes de piropero, almandino, espesartita y glosularita

Muestra	Piropero	Almandino	Espesartita	Glosularita
(1) V-16	11	58	24	7
(2) ML-103	12	76	9	3
(3) ML-401	9	66	19	6
(4) ML-74	7	36	44	13
(5) V-175	3	40	44	13
(6) V-229	10	66	18	5
(7) M-28	5	55	31	9

cuya posición en los campos de metamorfismo está invertida.

Si se efectúa una representación similar para la relación CaO/MgO solamente (fig. 5 b), la muestra (4) da una razón más baja y puede agruparse ya en la región de metamorfismo que le corresponde. Sigue, no obstante, su comportamiento anómalo la muestra (6). La anomalía de la muestra (4) cuando se utiliza la razón (Esp + Gros)/(Pir + Alm), estriba probablemente en que el índice de refracción medio es bajo, debido a las inclusiones de epidota, cuarzo y anfíbol, que poseen los granates de dicha anfíbolita (Puga et al., 1968).

En la actualidad se continúa este estudio con una serie más numerosa de granates pertenecientes a facies con diferencias más acusadas en el grado de metamorfismo y en las que se efectúa el análisis

químico de las rocas y los granates, además del estudio cristalográfico.

BIBLIOGRAFÍA

ATHERTON, P. (1965): *Chap. 15 Controls of metamorphism*. Ed. W. S. Pitcher. Edinburg.  
 ENGEL, A. E. J. y ENGEL, C. G. (1960): «Bull. Geol. Soc. Am.», 71, 1.  
 GOLDSCHMIDT, V. M. (1921): «Skr. Vidensk. Christ. I. Mat. naturv. Kl.», núm. 10, 1920.  
 MIYASHIRO, A. (1953): *Geochim et Cosmoch. Acta* 4, 179.  
 PUGA, E. (1965): «Notas y Com. Inst. Geol. Minero España», número 80, 137.  
 — — FONTBOTÉ, J. M. y MARÍN VIVALDI, J. L. (1968): «Bol. Geol. y Minero», t. LXXIV-IV, 388.  
 — — (1969): *Comunicación privada* (Tesis Doctoral. Universidad de Granada).  
 SRIRAMADAS, A. (1957): *Am Mineralogist*, 42, 294.  
 WINCHELL, H. (1958): *Am. Mineralogist*, 43, 595.  
 WINKLER, H. G. F. (1967): *Petrogenesis of Metamorphic rocks*, «Springer Verlag», Berlín.  
 WOODLAND, A. W. (1938): «Geol. Mag.», 75, 366.

AGRADECIMIENTO

A la Sección de Petrología (Prof. Fuster), del Instituto Lucas Mallada, Madrid, del C. S. I. C., por las facilidades prestadas en la utilización de un separador isodinámico.

A la Dra. Josefa Robles, de la Sección de Análisis de la Estación Experimental del Zaidín, Granada del C. S. I. C., por el análisis espectrográfico.

Recibido: 16-1-70.

## Estudio mineralógico de niveles arcillosos del triás alpujárride

por J. GONZALEZ MARTINEZ (\*), P. FENOLL HACH-ALI (\*\*) y J. L. MARTIN VIVALDI (\*\*)

### RESUMEN

Mediante difracción de rayos X se estudia, cualitativa y semicuantitativamente, la composición mineralógica de las filitas correspondientes a los cuatro mantos de corrimiento del complejo Alpujárride, del Sur de Sierra Nevada, encontrándose clorita, caolinita, moscovita, paragonita, etc.

Se discute acerca de la influencia de las condiciones climáticas y metamórficas durante la sedimentación, que suelen ser similares a las de otras cuencas triásicas de España y Norte de África, y se establece que las filitas del Sur de Sierra Nevada sufrieron un metamorfismo tipo Barroviano B-I.1.

### ABSTRACTS

Qualitative and quantitative mineralogical composition of the phyllites belonging to four Alpujarrid nappes (Southwards Sierra Nevada) are studied by X-ray diffraction methods. Chlorite, kaolinite, muscovite, paragonite and other minerals have been identified.

Environment conditions of sedimentation and metamorphic influence are discussed. The former appear to the similar to those of other triassic basins in Spain and North-Africa. The later would belong to the Barrovian B-I. 1 type.

### INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la mineralogía de los niveles arcillosos del Triás Alpujárride, es de gran interés geológico para intentar efectuar correlaciones estratigráficas, obtener conclusiones de tipo paleogeográfico, así como determinar el grado de metamorfismo en este tipo de sedimentos.

El Triás Alpujárride fue depositado en un amplio dominio geográfico, que posteriormente se ha subdividido en un conjunto de unidades más o menos autónomas, unidades que constituyen mantos de corrimiento. El conjunto de los mantos alpujárrides constituye actualmente un conjunto con

una marcada individualidad estratigráfica y tectónica.

El número de mantos que constituyen el Complejo Alpujárride parece ser variable, según las distintas transversales de la cordillera. Las muestras que se describen en el presente trabajo han sido tomadas en la transversal de Granada. La estructura simplificada del Complejo Alpujárride en dicha transversal queda esquematizada en la figura 1 (Aldaya, 1969). La serie Alpujárride completa comienza por una formación basal de micaesquistos y cuarcitas paleozoicas, metamorfizadas. En el estado actual de las investigaciones, parece ser que dicha formación puede ser subdividida en otras dos: una inferior, perteneciente a un Paleozoico antiguo, y otra superior, perteneciente a un Paleozoico reciente.

Sobre el Paleozoico se sitúa una potente formación de filitas y cuarcitas, de edad probablemente Permo-Werfenense. Son rocas epimetamórficas, de grano muy fino, y coloraciones variadas (azula-

(\*) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

(\*\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca.

(\*\*\*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Madrid.

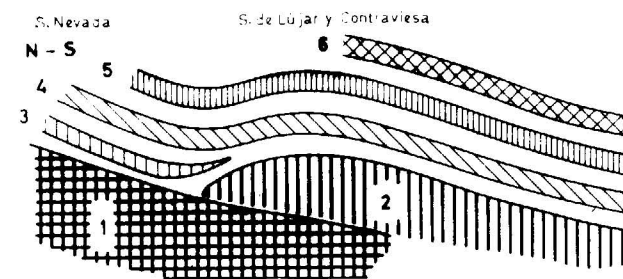


Fig. 1.—Esquema de la superposición de unidades al Sur de Sierra Nevada: 1. Complejo de Sierra Nevada. 2. Manto de Lújar. 3. Manto de Cástaras: Yegen, Lanjarón, Mecina Bombarón. 4. Manto de Alcázar: Vélez Benaudalla, Cerro del Toro, Venta Picardía. 5. Manto de Murtas: La Garnatilla, NO. de Adra, Sierra de Murtas. 6. Manto de Adra: Los Yesos.

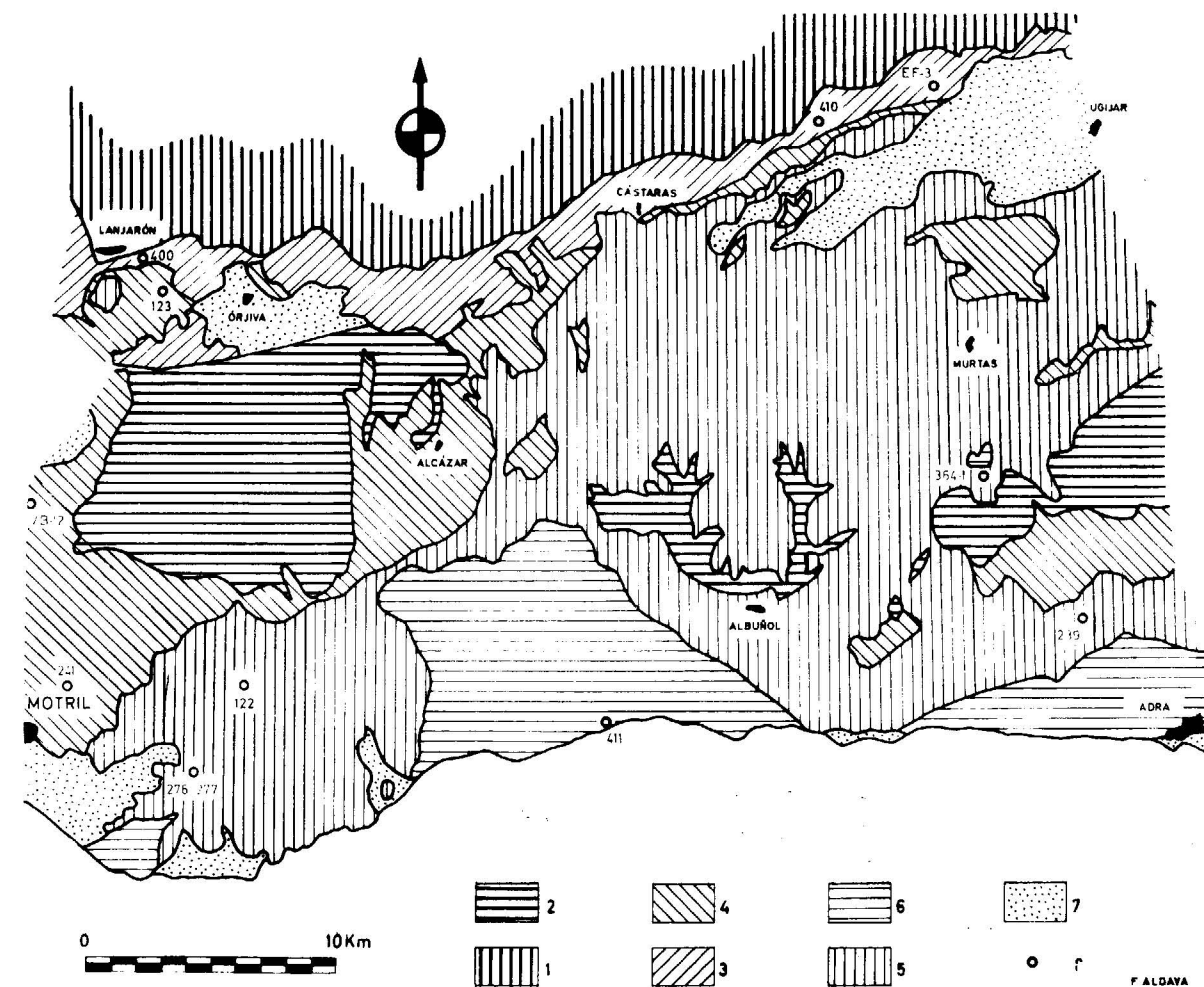


Fig. 2.—Esquema de la cartografía de la zona muestreada (Sur de Sierra Nevada), con localización de algunos puntos muestrales: 1. Complejo de Sierra Nevada. 2. Manto de Lújar. 3. Manto de Cástaras: Muestras EF-3, serie 400 y serie 410. 4. Manto de Alcázar: Muestras VB-12, serie 241 y 123. 5. Manto de Murtas: Muestras 276, 277, 239 y 364-1. 6. Manto de Adra: Muestras 411. 7. Terrenos postorogénicos. 8. Puntos muestrales.

términos superiores del manto de Adra debe ser atribuida a la erosión.

#### MATERIAL Y MÉTODOS EXPERIMENTALES

En la figura 2 se observa la localización de los puntos muestrales. Los puntos correspondientes a Nigüelas y Dehesa de San Jerónimo, no se incluyen en la figura por corresponder a una zona cuya cartografía detallada no está finalizada. El muestreo no representa, por supuesto, de un modo total el Triás Alpujarride, pero da una idea aproximada del conjunto, ya que se han tomado muestras de todos los mantos que, en el sector Sur de Sierra Nevada, componen el Complejo Alpujarride al SO. y NW. de la zona Bética en sentido estricto. En la figura 1 se da un corte esquemático en la dirección N.-S. para indicar a qué mantos corresponde cada muestreo.

Se ha muestreado en zonas próximas a: Dehesa de San Jerónimo, Vélez de Benaudalla, Yegen, Nigüelas, Cadiar y Mezina Bombarón, Cerro del Toro, La Garnatilla, Murtas y Adra, con un total de 28 muestras asignables a los mantos indicados en la figura 1.

En el estudio de estas muestras se ha utilizado el análisis por difracción de rayos X, empleando un difractor Philips, modelo PW 1010 y radiación Cu K $\alpha$ .

El tratamiento previo de las muestras ha sido el siguiente:

1. *Molienda y tamizado* por malla de 270 ASTM, con lo que el tamaño de partícula máximo obtenido fue de 53  $\mu$ . de diámetro.

2. *Obtención de agregados orientados* (A. O.). Para una mejor identificación de los minerales laminares, se favoreció la orientación de sus reflexiones basales, preparando una suspensión al 1 por 100 de la muestra con unas gotas de disolución de polimetáfosfato sódico; se vertieron unas gotas de dicha suspensión sobre un portamuestras de vidrio, dejando evaporar hasta sequedad.

3. *Glicolación* (E. G.) de los A. O. La presencia de picos a 14 Å en los diagramas de difracción, nos llevó al empleo de esta técnica auxiliar para la posible identificación de clorita hinchable o montmorillonita (Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego, 1961) (Martín Vivaldi y MacEwan, 1960). Por ello, los A. O. obtenidos según se ha descrito en el apartado anterior, se solvataron con E. G., agregando una gota del reactivo sobre el A. O. normal.

4. *Ataque ácido* (A. A.). En aquellas muestras que presentaban pico a 14 Å con el correspondiente segundo orden a 7 Å, que podía enmascarar caolinita, se verificó un ataque ácido de la muestra se-

gún la técnica descrita por Martín Vivaldi y Rodríguez Gallego (1961).

5. *Complejos con dimetilsulfóxido* (DMSO). Como confirmación de la presencia de caolinita y basándose en la posibilidad de formar la caolinita complejo con el DMSO (Weiss et al.; (1966) (González García et al.; 1968) a 11,19 Å, espaciado que permite diferenciarla de los demás minerales que la acompañan en este tipo de muestras, se preparó dicho complejo mezclando la muestra con un exceso de DMSO en una ampolla de vidrio que se cerró y se mantuvo en estufa a 80° C durante tres días, tiempo más que suficiente para que la reacción sea completa (Orth, 1965), pasado el cual se abrió la ampolla y se vertieron unas gotas de esta suspensión sobre un portamuestras, dejando secar hasta que se obtiene así un A. O. del complejo con DMSO.

#### RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la Tabla I se da una visión de conjunto de la mineralogía de las muestras estudiadas. Estos datos cualitativos se han obtenido a partir de los diagramas de difracción de rayos X de polvos de las muestras naturales (diagrama de polvo) y A. O. de las muestras tratadas según los métodos descritos en el apartado anterior.

Con objeto de resaltar los aspectos más interesantes, se hace a continuación unos breves comentarios acerca de las reflexiones características de los minerales en los diagramas de difracción.

#### Región de 14 Å

Del examen de los diagramas de polvo, se aprecia la presencia de un pico alrededor de los 14 Å en todas las muestras, a excepción de las EF-3, N-4, N-3, 241-1, 241-3 y 239.

En los diagramas de A. O. este pico se observa mejor por tratarse de minerales fácilmente orientables, y suele ser un pico de baja intensidad y ensanchado, en el 50 por 100 de las muestras, lo que indica que el mineral está mal cristalizado y su proporción en la muestra es baja.

La posición del pico oscila entre 13,8 Å y 14,2 Å. La identificación del mineral se ha realizado siguiendo el método descrito anteriormente, obteniendo diagramas de A. O. + E. G.; al permanecer dicha reflexión a 14 Å con la solvatación, se descarta la posibilidad de que fuese montmorillonita o clorita hinchable. Cabía la posibilidad de que fuese vermiculita, pero dado el tipo de roca objeto de este estudio y conocidas las condiciones de formación y estabilidad de la vermiculita, es más plausible asegurar que se trata de clorita, abogando además en

TABLA I

Determinación cualitativa de los minerales presentes en las filitas.

Muestra	Mosc.	Parag.	Clor.	Caol.	Calc.	Dolom.	Cuarzo	Feld.
(1) { G-I G-II G-III	+	-	+	-	+	+	+	+
	+	-	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	+	+	-
(2) VB-12	+	+	+	-	+	+	+	-
(3) EF-3	+	+	-	-	+	+	+	-
(4) { n-A N-A' N-ab N-B N-bc N-C N-8 N-4 N-3' N-3 N-2	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	(?)	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
	+	+	+	-	+	+	+	-
(5) { 400 a 400 b 400 c	+	+	+	+	+	-	+	+(?)
	+	+	+	-	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	-	+	+
(6) { 410 a 410 b 410 c 410 d 410 f	+	+	+	+	+	+	+	+(?)
	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	+	+	-
	+	+	+	+	+	+	+	+
(7) { 276 277	+	+	+	+	-	-	+	+
	+	+	+	+	+	-	+	+(?)
(8) { 241-1 241-3	+	+	-	-	+	+	+	-
	+	+	-	-	+	+	+	-
(9) 123	+	+	+	-	-	-	+	-
(10) 239	+	+	-	-	-	-	+	-
(11) 364-1	+	+	+	+	-	-	+	-
(12) 411	+	+	+	+	+	-	+	-

- (1) Dehesa San Jerónimo.  
(2) Vélez Benaudalla.  
(3) Yegen.  
(4) Nigüelas.  
(5) Lanjarón.  
(6) Mezina Bombarón.

- (7) La Garnatilla.  
(8) Cerro del Toro.  
(9) Venta Picardia. (Entre Lanjarón y Orgiva).  
(10) Cortijada la Parra. (N. O. Adra).  
(11) Sierra de Murtas.  
(12) Los Yesos (Castell de Ferro, La Rabita).

este sentido el hecho de que en todas las muestras con reflexiones a 14 Å aparece una reflexión a 4,7 Å, intensa con respecto a las de 14 Å, lo que descarta la posibilidad de que fuese vermiculita, ya que en ésta, aquella reflexión es muy débil. Aunque un calentamiento a 500° C hubiese dado una confirmación completa, podemos asegurar que se trata de clorita, tanto por las razones expuestas, como

*Región de 10 Å*

El estudio de la región de 10 Å demuestra que los picos suelen encontrarse desplazados hacia la zona de mayores ángulos, dando en muchos casos valores por bajo de 9,99 Å, característico de la moscovita.

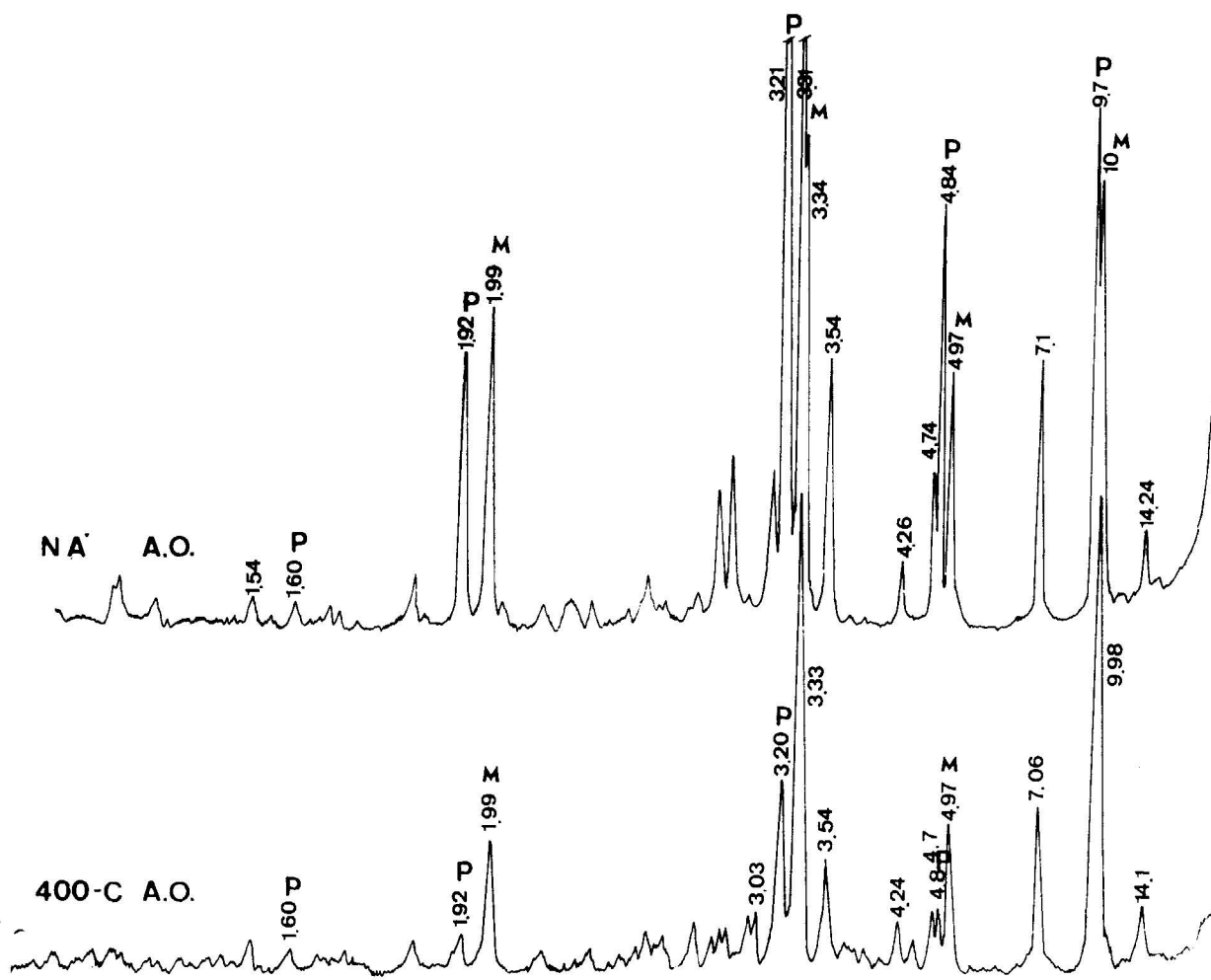


Fig. 3.—Difractogramas de las muestras N-A y 400 c) (agregado orientado).

además, por el conjunto de reflexiones basales. Sin embargo, hay que hacer constar que en muchos casos, y teniendo en cuenta la escasa cantidad de clorita, esos picos se encuentran ligeramente desplazados, al coincidir con otros de cuarzo, moscovita o paragonita.

001	14.1 Å	005	2.84 Å
002	7.07 Å	007	2.034 Å
003	3.54 Å	0.0.10	1.417 Å

El empleo de condiciones de registro con mayor poder resolutivo en la región de ángulos pequeños, demostró la existencia en esta zona de dos picos bien diferenciados, uno alrededor de 9,9 Å y otro alrededor de 9,6 Å. Estos picos corresponden, en efecto, a dos minerales distintos, moscovita y paragonita. Incluso en aquellos diagramas en los que no se pudieron discriminar con claridad esos dos picos, pero se suponía la presencia de paragonita por la asimetría del pico, se pudo deducir efectiva-

mente su presencia por la existencia de picos a 4,80 Å y 3,30 Å, correspondientes al segundo y tercer orden de las reflexiones basales.

En la figura 3 se muestra, a título de ejemplo, los diagramas de los A. O. de las muestras N.-A' y 400-C, donde se comprueba la presencia de dos picos en la zona de 10 Å para la N.-A', y sólo uno asimétrico en esta región para la muestra 400-C, apareciendo, sin embargo, desdoblados los órdenes superiores de reflexión de paragonita y moscovita en ambos casos.

El pico a 9,9 Å corresponde a una mica tipo moscovita, que se halla presente en todas las muestras. En aquellas en las que se encuentra presente la paragonita, pero no se distinguen las reflexiones 002 de cada mineral, se observa el pico ligeramente desplazado hacia la zona de menor espaciado, oscilando los valores encontrados entre un mínimo de 9,75 Å y un máximo de 9,92 Å. Las demás reflexiones basales de la moscovita se presentan perfectamente diferenciadas, aunque a veces, en los diagramas de polvo, pueden estar enmascaradas por reflexiones no basales de cuarzo, paragonita o clorita.

004	4,98 Å	008	2,49 Å
006	3,32 Å	0.0.10	1,99 Å

La moscovita es dioctaédrica, como lo prueba la presencia de su reflexión 060 a 1,50 Å. Existe, además, una reflexión a 1,54 Å en las muestras G-I, G-II, G-III, VB-12, etc. Sin embargo, no por ello podemos afirmar que haya moscovitas trioctaédricas, porque la reflexión 060 puede verse enmascarada por la 211 del cuarzo presente en todas las muestras y de la 060 de la clorita en aquellas muestras en las que ésta se encuentre.

Todos los picos son estrechos en todos los casos, lo que nos habla de una buena cristalinidad.

La paragonita se encuentra en todas las muestras a excepción de las G-I, G-II y N-2. En las muestras N-A', N ab, N bc, N-8, N-3 y 410-f, en las que se distinguen claramente las reflexiones 002, los valores del espaciado son del orden de 9,6 Å.

002	9,65 Å	008	2,398 Å
004	4,82 Å	0.0.10	1,922 Å
006	3,203 Å	0.0.12	1,602 Å

Las reflexiones basales de la paragonita se presentan claramente en los diagramas obtenidos, a excepción de la 002, que en algunos casos, como ya se ha indicado anteriormente, se encuentra enmascarada por la de la moscovita. Las interferencias que pueden tener la 006 y 008 con la 114 y 204 de moscovita en el diagrama de polvo, quedan reducidas a un mínimo en los diagramas de A. O.

Todos los picos son también estrechos, señal de buena cristalización.

*Región de 7 Å.*

La presencia de este pico puede ser debida al segundo orden de la reflexión basal de la clorita, pero también puede deberse a la caolinita. Por ello, para dilucidar este problema se utilizaron los métodos del ataque ácido y de solvatación con dimetilsulfóxido citados. La destrucción, por el ácido, de la clorita puso de manifiesto la presencia de colinita en las muestras 400 a, 400 c, 410 a, b, c, d, f, 276, 277, 364-I, 411, justamente en las mismas en las que el tratamiento con DMSO hizo aparecer una reflexión típica a 11,19 Å.

*Otras reflexiones*

En todas las muestras aparece una reflexión a 3,34 Å, correspondiente a la 101 del cuarzo, cuando se opera con A. O., por diferenciarse de la 3,32 Å de la moscovita que quedaba enmascarada con ella en los diagramas de polvo. Además están presentes en todos los diagramas de polvo las restantes líneas de difracción característica del cuarzo.

También se encuentran en algunas muestras las reflexiones 3,03 Å y 2,88 Å, correspondientes a calcita y dolomita. Por último, también aparecen reflexiones débiles a 3,18 Å, correspondientes a albita (Aldaya, 1969), pero únicamente en muy pocas muestras.

Una vez deducida la mineralogía de cada una de las muestras, se realizó una estimación semicuantitativa de los minerales presentes en algunas de ellas, a partir de las medidas de las intensidades de sus reflexiones más importantes en los diagramas de polvo y A. O., y de sus poderes reflectantes relativos.

Los poderes reflectantes relativos de clorita, moscovita y caolinita son (Martín Pozas, 1968):

Clorita ... ..	1	para la reflexión a 7 Å
Moscovita ... ..	0,3	para la reflexión a 10 Å
Caolinita ... ..	1	para la reflexión a 7 Å

Los poderes reflectantes de moscovita y paragonita se han calculado de un modo teórico —basándose en los cálculos de Brown (1955, 1961—, para las reflexiones 002. También se han calculado para la 004, ya que en algunas muestras no se diferenciaban bien los picos correspondientes a la primera reflexión 002 de paragonita y moscovita, como se ha dicho anteriormente.

TABLA II

Valores de los poderes reflectantes relativos de moscovita y paragonita para las reflexiones 002 y 004

Indice	Mineral	F	F  <sup>2</sup>	Poder reflectante
(002)	Moscovita	25	625	0,35
	Paragonita	42	1.764	1,—
(004)	Moscovita	— 44	1.936	0,55
	Paragonita	— 59	3.481	1,—

En la Tabla II se expresan los valores de los factores de estructura y sus cuadrados, así como los poderes reflectantes relativos de ambos minerales para las dos reflexiones 002 y 004.

Para el cuarzo el poder reflectante relativo frente a calcita y dolomita es (Schultz, 1964):

Cuarzo ... ..	2 para la reflexión a 3,33 Å
Calcita ... ..	1 para la reflexión a 3,03 Å
Dolomita ... ..	1 para la reflexión a 2,88 Å

En las muestras en las que no se determinó el contenido de carbonatos, no fue posible dar la proporción relativa real en la muestra para los diferentes minerales de la arcilla. En estos casos se

TABLA III

Determinación semicuantitativa de los minerales presentes en algunas filitas.

Muestra	Mosc.	Parag.	Clor.	Caol.	Calc.	Dolom.	Cuarzo
G-I	33	—	66	—	+(n. d.)	+(n. d.)	+(n. d.)
G-II	25	—	75	—	»	»	»
G-III	66	20	6	6	»	»	»
VB-12	55	17	27	—	»	»	»
EF-3	82	17	—	—	»	»	»
N-A	61	31	8	—	»	»	«
N-A'	44	20	24	—	»	»	»
N-ab	41	35	24	—	»	»	»
N-B	80	10	5	5	»	»	»
N-bc	69	21	8	—	»	»	»
N-C	71	10	17	—	»	»	»
N-8	72	18	6	—	»	»	»
N-4	92	8	—	—	»	»	»
N-3'	72	10	17	—	»	»	»
N-8	88	11	—	—	»	«	»
N-2	84	13	—	—	»	»	»
400 a	58	5	12	7	7	—	10
400 b	53	5	8	—	9	9	14
400 c	72	11	10	2	3	—	6
410 a	19	2	30	13	15	1	19
410 b	40	6	5	4	15	16	15
410 c	48	2	8	8	10	15	9
410 d	51	3	8	2	15	15	7
410 f	43	7	4	4	16	5	20
276	71	12	11	2	—	—	3
277	59	8	26	3	1	—	2
241-1	39	5	3	—	14	2	36
241-3	63	7	7	—	1	13	8

han referido a cien los porcentajes relativos de los distintos minerales de la arcilla, teniendo solamente en cuenta sus intensidades y los poderes reflectantes relativos de las reflexiones indicadas anteriormente (Tabla III, muestras G-I hasta N-2 inclusive).

En las muestras en las que sí se determinó el contenido de carbonatos por vía analítica, teniendo en cuenta la medida de las intensidades de las reflexiones calcita (3,03 Å) y dolomita (2,88 Å) y los poderes reflectantes, se ha deducido los porcentajes de cada uno de dichos minerales, según la expresión siguiente:

$$\% X_1 = \frac{\% \text{ de carbonatos}}{I_{x_1}/f_{x_1} + I_{x_2}/f_{x_2}} \cdot \frac{I_{x_1}}{f_{x_1}}$$

En ella,  $X_1$  es el % de uno de los carbonatos, calcita o dolomita, que hay en la muestra. El % de carbonatos es el valor que se obtiene analíticamente, y que corresponde a la suma de % de calcita más % de dolomita que posee la muestra.  $I_{x_1}$  e  $I_{x_2}$  son las intensidades de los picos de los diagramas de difracción correspondientes a calcita y dolomita, que aparecen a 3,03 y 2,88 Å respectivamente, como se ha dicho anteriormente. Y  $f_{x_1}$  y  $f_{x_2}$ , los factores reflectantes relativos de calcita y dolomita para las citadas reflexiones.

Una vez deducidos los porcentajes reales de calcita y dolomita, el % de cuarzo se obtiene fácilmente, teniendo en cuenta el poder reflectante relativo del cuarzo frente a calcita o dolomita, y la intensidad respectiva del pico de cuarzo.

Obtenidos estos valores correspondientes a las cantidades de cuarzo, calcita y dolomita en la muestra, el resto hasta cien se reparte proporcionalmente entre los minerales de la arcilla presentes, de acuerdo con las proporciones relativas entre ellos, deducidas de sus intensidades y poderes reflectantes relativos.

Así se han confeccionado los datos de la Tabla III (muestras 400 a hasta 241-3), en la que como hemos indicado antes, únicamente en aquellas muestras en las que se han determinado analíticamente carbonatos, ha sido posible dar cantidades de todos los minerales presentes referidas a cien de muestras.

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados experimentales, se pueden destacar los siguientes hechos:

1. El cuarzo y la moscovita están constantemente presentes y bien cristalizados, con la moscovita abundante y el cuarzo en cantidades media y baja.

2. La paragonita es frecuente, bien cristalizada y está en proporciones medias.

3. La clorita rara vez está ausente, pero mal cristalizada y en general suele ser abundante.

4. La caolinita es poco frecuente y se encuentra en proporción baja.

5. Existen además otros minerales, siendo frecuentes calcita y dolomita, a veces en cantidades medias y feldespatos raramente y en cantidades bajas.

Si comparamos esta mineralogía del Triás Bético con la del Triás francés, Pirineo español, Catalánides y Marruecos (Lucas, 1962) (Virgili, 1958) (Martín Vivaldi et al., 1967), se observa que a pesar de existir una semejanza mineralógica en todos ellos, se presentan, sin embargo, algunas diferencias. Estas diferencias se pueden justificar del siguiente modo: La sedimentación del Triás se considera efectuada en medio lagunar o marino, no necesariamente profundo. (Virgili, 1958) (Martín Vivaldi et al., 1967). (Millot et al., 1961), describen el clima como cálido, pero ni desértico ni tropical, con alternancias de estaciones secas y húmedas. Este tipo de clima lleva a Lucas (1962), a pensar en acciones edáficas que pudieron ser intensas, factor éste que puede ser de gran importancia en lo que se refiere a minerales heredados. Esto lleva como consecuencia, que a la cuenca triásica llegaron en suspensión cloritas y micas degradadas, junto con cloritas, vermiculitas y montmorillonitas de neoformación en los suelos.

(Martín Vivaldi et al., 1967) achacan precisamente a esta herencia el hecho de que, aunque las condiciones sedimentarias hayan podido ser idénticas en toda la faja lagunar-marina desde Inglaterra hasta Africa, los diferentes climas, según latitud y topografía, pudieron desarrollar una mineralogía de suelos diferente, y en consecuencia explicaría las ligeras diferencias que se observan en la mineralogía de los diversos depósitos triásicos.

Por otra parte, de acuerdo con sus características geográficas, la salinidad del mar triásico pudo ser elevada, con sodio, potasio y magnesio abundantes. Sin embargo, el ión sodio, hidratado—como corresponde a un ambiente sedimentario—, no puede satisfacer las condiciones cristalocímicas necesarias para la formación de mica. En cambio, el ión magnesio y ión potásico, que no se hidratan, podrán ser admitidos en las redes de las ilitas degradadas, vermiculitas y montmorillonita, que pudieron ir a la cuenca sedimentaria, y por un fenómeno de agradación se originarían ilitas o cloritas (Millot, 1964).

No obstante, hemos visto que en las muestras estudiadas, la clorita no siempre es abundante y

está mal cristalizada, lo cual puede justificarse, bien porque la agradación fue imperfecta o bien que la clorita formada se degradase posteriormente por la posible acidificación posterior del sedimento, como indicaremos más adelante.

Es evidente, además, que la entrada de potasio en los minerales citados, enriquece en sodio las aguas de la cuenca triásica, y será durante el metamorfismo cuando esas sales sódicas podrán formar, por ejemplo, minerales sódicos como la albita (Millot, 1964), aunque cabe pensar que sean los responsables de la aparición de la paragonita.

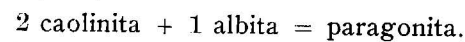
La paragénesis y ambientes en que aparece paragonita son muy variados. Deer et al. (1962), citan que la paragonita puede encontrarse en áreas metamórficas, en esquistos y filitas, en gneis moscovítico-biotíticos, en diques de cuarzo y en sedimentos de grano fino. Nijhuis (1964) la encuentra en paragénesis con glaucófana, epidota, albita y clorita, en micaesquistos de la serie Filábride en la sierra de los Filabres (Almería). Puga (1969) la encuentra con moscovita, cloritoides y lawsonita, en micaesquistos de la serie Filábride de Sierra Nevada.

La presencia de paragonita en las muestras del presente estudio, puede justificarse por haberse originado de acuerdo con las siguientes hipótesis:

a) El sodio, que según hemos dicho, pudo alcanzar una alta concentración, cicatrizaría las redes abiertas de las ilitas degradadas que llegaron a la cuenca, originando la formación de paragonita. Sin embargo, la amplia zona de miscibilidad para las dos fases micaceas, sódica y potásica (Eugster y Yoder, 1965), implicaría, según la hipótesis indicada, la formación de una disolución sólida moscovita-paragonita. Sin embargo, en nuestro caso, ambos minerales aparecen como dos fases bien diferenciadas.

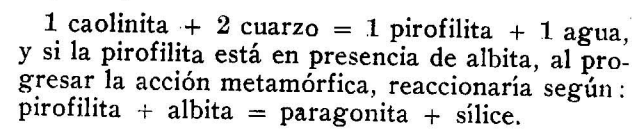
b) A partir de montmorillonita sódica. Según las experiencias hidrotermales de Althaus (1966), trabajando a 2.000 bars de presión de agua al estado de vapor y 370° C, a partir de montmorillonita sódica obtiene clorita, albita, cuarzo y una estructura de capas mezcladas de paragonita y montmorillonita. Es probable que en la cuenca hubiese montmorillonita sódica, aunque no se ha encontrado ésta, ni la albita que debe aparecer según el proceso mencionado.

c) A partir de caolinita y albita. Según Winkler (1967):

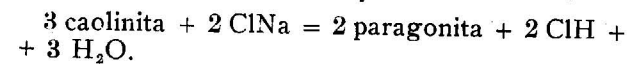


En este caso, la albita podría haberse formado en los primeros estadios del metamorfismo incipiente a expensas del sodio abundante en la cuenca (Millot, 1964).

d) A partir de caolinita, cuarzo y albita (Winkler, 1967):



e) A partir de caolinita y cloruro sódico:



Esta hipótesis, que ya dimos en un trabajo anterior (Martín Vivaldi et al. 1967), presenta a su favor su mayor simplicidad, sin invocar la previa formación de albita y pirofilita de las que no se encontró vestigios, además justificaría el medio ácido, invocado como causante del ataque parcial de la clorita y con ello su baja cristalinidad.

En resumen, es probable que la mineralogía de las filitas estudiadas se deba al distinto origen de los minerales que rellenan la cuenca (heredados y de neoformación) y a su evolución posterior.

En primer lugar el cuarzo, la caolinita y las ilitas degradadas se podrían considerar como minerales heredados, que por agradación darían moscovita y clorita en los primeros estadios de la diagénesis.

Seguiría después, posiblemente, una etapa de metamorfismo regional débil, que originaría la paragonita, según la última de las hipótesis descritas, condicionando una acidez del medio y degradando en parte las cloritas.

Otro aspecto a destacar es el relativo a la monotonía en la sedimentación de toda la cuenca, que constituye hoy el complejo Alpujarride, en concordancia con los resultados obtenidos para el Triás de facies germánica de Francia y Pirineo español y nordafricano (Lucas, 1962), de los Catalánides (Virgili, 1958) y Sudbético (Martín Vivaldi et al., 1967).

Finalmente, la paragénesis encontrada nos indica que los materiales arcillosos del Triás Alpujarride han sufrido un ligero metamorfismo regional, que debe corresponder al tipo Barroviano I. 1 de la facies pizarras verdes (Turner y Verhogen, 1960).

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAYA VALVERDE, F. (1969): *Tesis Doctoral*. Universidad de Granada.
- ALTHAUS, E. (1966): *Naturwiss*, 53, 105.
- BROWN, G. (1955): *Mineralogical Magaz*, XXX, 657.
- (1961): *The X-ray identification and crystal structures of clay minerals*, «Mineralogical Society», London.
- DEER, W. A.; HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J. (1962): *Rock-forming minerals*, «Longmans, Green and Co. Ltd.», vol. 3. London.

- EUGSTER, H. P. y YODER, H. S. (1955): *Carnegie Inst.*, «Ann. Rep. Dir. Geophys. Lab.», p. 124, Washington, 1954-55.
- GONZÁLEZ GARCÍA, S. y SÁNCHEZ CAMAZANO, M. (1968): «An. Edaf. Agrob.», XXVII, núms. 9-10, 581.
- LUCAS, J. (1962): «Mem. Serv. Carte Geol. Als. Lor.», XXIII.
- MARTÍN POZAS, J. (1968): Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- MARTÍN VIVALDI, J. L. y MAC EWAN, D. M. C. (1960): «Clay Min. Bull.», IV, 173.
- — y RODRÍGUEZ GALLEGO, M. (1961): «Clay Min. Bull.», IV, 288.
- — — «Clay Min. Bull.», IV, 293.
- — DORRONSORO FERNÁNDEZ, C. y GONZÁLEZ MARTÍNEZ, J. (1967): *Nota sobre la mineralogía del Triás Bético y Subbético*, VII Congreso Internacional de Sedimentología. Edimburgo y Reading (No publicado).
- MILLOT, G. (1964): *Geologie des argiles. Alterations. Sedimentologie. Geochemie*, Masson et Cie., Paris.
- — PEARRIAUX, J. y LUCAS, J. (1961): «Bull. Serv. Carte Geol. Als. Lor.», XIV, 91.
- NIJHUIS, H. J. (1964): *Plurifacial alpine metamorphism in the South Eastern Sierra de los Filabres, South of Lubrin, SE Spain*, «Drukkerij en Uitgeverij Jacob van Campen», Amsterdam.
- ORTH, H. (1965): *Neue Kaolinit Einlagerungsverbindungen*, «Diplomarbeit», Heidelberg.
- PUGA RODRÍGUEZ, E. (1969): *Comunicación privada*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- SCHULTZ, L. G. (1964): *Geological Survey Prof. Paper*, 391-C.
- TURNER, F. J. y VERHOOGEN, J. (1960): *Igneous and metamorphic petrology*, «Mc. Graw Hill Book Co. Inc.», New York.
- VIRGILI, C. (1958): Tesis Doctoral, «Boletín Inst. Geol. Min. Fsp.», LXIX.
- WEISS, A.; THIELEPAPE, W. y ORTH, H. (1966): «Proc. Int. Clay Conf.», Jerusalem, vol. I, 277.
- WINKLER, H. G. F. (1967): *Petrogenesis of metamorphic rocks*, «Springer Verlag», Berlín.

Recibido: 10-I-1970.

# INFORMACION

## Nuevas perspectivas de la Investigación Geológica y Minera de España

Conferencia pronunciada en la Universidad Central por don Juan Antonio Gómez Angulo, Director del Instituto Geológico y Minero de España, el día 1 de diciembre de 1970, en el acto de clausura del III Ciclo de conferencias-coloquio sobre Aplicaciones industriales de la Geología

### INTRODUCCIÓN

De las seis acepciones que el Diccionario de la Real Academia de la Lengua da, en su edición de 1970, a la palabra «perspectiva», cuatro hacen referencia al arte o sistema de representación gráfica; una quinta, significa «apariencia o representación engañosa o falaz de las cosas»; y la sexta, es «contingencia que puede preverse en el curso de algún negocio».

Cuando la Profesora Virgili me sugirió para esta conferencia el título de «Nuevas perspectivas de la investigación geológica y minera de España», pensé, a la vista de las anteriores definiciones, que no querría que diese una disertación sobre representaciones gráficas; y tampoco pretendería, por supuesto, que presentase nuestra investigación de forma falaz y engañosa. Sólo quedaba, pues, la posibilidad de considerar esta actividad como un negocio y juzgar sobre la contingencia que presenta, a la vista de los trabajos realizados y de las previsiones establecidas.

El título general del ciclo de conferencias que hoy se clausura, «Aplicaciones Industriales de la Geología», confirma, por otra parte, la conveniencia de analizar el aspecto industrial que la investigación geológica y minera tiene. Para ello, habría que buscar respuesta a una serie de interrogantes: ¿Se encuentra esta investigación en el marco de las acciones industriales, que pueden ser base de un negocio rentable? ¿Es sólo una actividad de puro prestigio, marginalmente, enlazada con acciones industriales? ¿Constituye, por el contrario, o debería constituir, en muchos casos, el fundamento de las mismas? ¿Cómo se vé toda esta contingencia en nuestros estamentos de la Administración, la Universidad, el mundo empresarial, los profesionales, los estudiantes y el hombre de la calle?

Proporcionar unos datos que permitan responder a estos interrogantes, justifica la intervención en este Ciclo de quien ha tenido la responsabilidad de preparar los adecuados programas, mediante los cuales va a ser posible encuadrar la investigación geológica y minera en la política general de desarrollo, que es tanto como conseguir que nuestra actividad tenga perspectivas comunes con las que caractericen el proceso socioeconómico nacional, y al mismo tiempo, sirva a éste.

El programa nacional de investigación minera —PNIM—, que hemos terminado en estos días y cuya confección ordenó la Ley aprobatoria del II Plan, ha analizado toda esta problemática y ha proporcionado las bases suficientes para poder afirmar que la investigación geológica y minera es científica y de desarrollo tecnológico, y puede y debe proporcionar bases sólidas a una programación de desarrollo.

Voy a intentar resumir, en cuanto sigue, el trabajo realizado por el PNIM, pues, si ello constituye un reto a mi capacidad de síntesis, puede ayudar a crear conciencia colectiva de investigación, sin la que todos los esfuerzos por promocionar nuestra economía, por perfectos que fuesen, terminarían siendo estériles en plazo más o menos largo.

Sintetizar el PNIM constituye efectivamente para mí un reto. Cuando se ha dirigido un Programa de dos años de duración, en el que se han integrado los esfuerzos de más de 500 titulados superiores, se podría y desearía hablar ampliamente de él, en el ánimo de participar los aciertos y los errores que se han cometido y las conclusiones que se han alcanzado. Para esto se necesitaría un espacio de tiempo más amplio del de una conferencia, una capacidad de expresión muy concreta del orador y una dosis de paciencia grande por parte del auditorio, en condiciones de equilibrio, que es di-

fícil que se den, salvo en circunstancias concretas. Voy a intentarlo, no obstante, en la seguridad de que el interés de ustedes y su benevolencia suplirán el mucho tiempo, que no voy a ocupar, y las condiciones personales, que no puedo poner.

Analizaré brevemente las razones en función de las cuales se ha confeccionado el PNIM; expondré los fundamentos económicos que lo han presidido; me referiré a los trabajos que hemos realizado en el bienio 1969-70 para fundamentarlo y a los proyectos que hemos confeccionado de investigación geológica, hidrogeológica, minera y geotécnica, como conclusiones del PNIM y como acciones que consideramos fundamentales para el desarrollo socioeconómico, según argumentos incontrovertibles que en nuestro estudio se contienen. Basaré esta exposición en unas cuantas cifras significativas, ofreciéndome personalmente y en nombre de los autores diversos de las partes que en el programa se integran, para satisfacer cuantos interrogantes se me plantearan al término de mi exposición.

### RAZONES PARA UN PROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN MINERA

Si la Economía, en un sentido amplio, puede definirse como la forma en que los hombres se organizan y colaboran entre sí para producir y repartirse los bienes y los servicios capaces de satisfacer sus necesidades, es indudable que nunca se había sentido como ahora la urgencia de colocar también la investigación científica y de desarrollo tecnológico en un contexto de economía planificada, obedeciendo a un plan de conjunto, establecido a corto o largo plazo por Organismos competentes.

La investigación geológica y minera no puede escapar a esta orientación, si realmente se desea que constituya una infraestructura fundamental al desarrollo programado de los pueblos. A esta inquietud mundial responde el Programa Internacional de Correlación Geológica —PICG— cuya estructura ha sido establecida en la reunión de expertos celebrada en Budapest, en septiembre de 1969, organizada por la UNESCO y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, y la publicación de las Naciones Unidas, de 1970, en la que, entre otras cosas, se recomienda que «debe existir un programa a largo plazo de investigación geológica y minera sistemáticamente aplicado por el Gobierno».

El progreso económico y social de todos los países, incluidos los que están en fase de desarrollo implica una demanda creciente de bienes de todas clases y, especialmente, de los de origen mineral. Con arreglo a estadísticas de las Naciones Unidas, la producción de la industria minera, exceptuada la del carbón, ha aumentado en un 20 por 100, en el período 1964 a 1967, inclusive. «Un desarrollo continuo a la misma velocidad, señala el PICG, significaría que la demanda creciente de materias primas minerales conduciría en las próximas décadas a una grave escasez de ciertos

recursos que se consideran vitales para el aumento del nivel de vida». A períodos de escasez relativa de determinadas sustancias naturales, se han sucedido hasta ahora períodos de exceso, como consecuencia de nuevos descubrimientos, estimulados por la elevación de precios que la escasez provoca. Pero se está de acuerdo internacionalmente en que una investigación que consiga aumentar las reservas conocidas a una velocidad proporcional a la demanda, debe ser no sólo comprensiva del total proceso productivo, que va desde la prospección al beneficio, sino que ha de basarse, esencialmente, en un profundo conocimiento geológico.

No sólo se experimenta esta inquietud creciente sobre la conveniencia de obtener un buen conocimiento geológico para poder basar en él la prospección minera, sino que en la misma base se fundamenta también la investigación hidrogeológica, cada día más urgente, como consecuencia de la elevación del nivel de vida, dado que los consumos se sitúan por encima de toda previsión en las zonas de desarrollo. Las propias Naciones Unidas, en la publicación de 1970 a que me he referido, señalan que «como quiera que el régimen de las aguas subterráneas está sometido a la acción de factores geológicos, otra actividad que no conviene separar del servicio geológico —de cada país— es la hidrogeología. La existencia de un Organismo separado puede conducir a una duplicación del trabajo».

Una tercera actividad para la que resulta básico el conocimiento geológico de un país es la geotécnica, pues como afirma el propio PICG, «proponer el desarrollo rural y urbano teniendo debidamente en cuenta los acontecimientos geológicos, tiene gran importancia social y económica».

El crecimiento espectacular de las necesidades humanas en orden al consumo de sustancias minerales y de aguas subterráneas, y la aplicación creciente de los conocimientos geológicos a las obras civiles en general, han llevado a todos los servicios geológicos del mundo a una revisión profunda de sus estructuras y está conduciendo a una programación de sus trabajos. Programación basada en el hecho de que el actual progreso de la Geología y de sus ciencias conexas y la aceleración que a este progreso dan otros avances científicos y técnicos, entre ellos los de la Informática o los de programación económica, han superado el tradicional concepto de Mapa Geológico Nacional, convirtiéndolo en la base de un conjunto de acciones coordinadas que pretenden el conocimiento y beneficio óptimo de cuantos recursos están condicionados, directa o indirectamente, por factores geológicos.

Este despertar ha sido patente en nuestro país a partir de la puesta en marcha del I Plan de Desarrollo Económico y Social, pues en su período de vigencia, 1964-1967, se prestó una atención muy superior a las de épocas anteriores a las actividades de investigación geológica y minera. En el segundo período 1968-1971, no sólo se acentuó la expresada atención, en cuanto puede medirse por las inversiones

que en él se consignaron a este tipo de investigaciones, sino que la necesidad por mejorar los conocimientos de Geología económica se hizo patente en gran parte de las Comisiones o Ponencias que estudiaron el II Plan.

Como consecuencia conjunta de estas necesidades, la Ley 1/1969, que aprobó el II Plan de Desarrollo Económico y Social, manifiesta, en su artículo 6.º, el propósito de poner al servicio del hombre todos los recursos naturales y, de forma concreta, en el apartado A) del mismo artículo, ordena la confección de un Programa Nacional de Investigación Minera.

Así, el programa que las Naciones Unidas recomiendan, en su publicación de 1970, está ya en marcha en nuestro país desde principios de 1969; y la correlación geológica, que la UNESCO y la Unión Internacional de estas ciencias inician en septiembre de 1969, es introducida a nivel nacional en el programa español de investigación geológica y minera que, respondiendo a una inquietud mundial, se ha anticipado en su traducción a hechos concretos.

#### TRABAJOS REALIZADOS

El PNIM, como capítulo primero del *Plan Nacional de la Minería*, se planteó en su origen cinco grandes actividades de investigación: estudio de economía y mercado; confección de la síntesis, a escala 1.200.000, de los conocimientos geológicos del país, análisis de la investigación realizada en permisos, concesiones y reservas del Estado; aplicación de los ordenadores a la investigación geológica y minera y, en concreto, al Mapa de indicios; y, por último, la confección, a la misma escala que la síntesis, del mapa metalogenético previsor.

Pronto se vió la conveniencia de mejorar, de cara al futuro, las bases de partida desde las que nosotros debíamos realizar nuestra investigación y la necesidad de concretar ésta a la resolución de problemas urgentes a nuestra economía. Surgieron así lo que denominamos Programas Sectoriales. Unos, hacen referencia a la mejora de la infraestructura de la investigación, para que los esfuerzos posteriores al nuestro puedan contar con bases más sólidas y progresivamente actualizadas; son éstos, el mapa geológico nacional a escala 1:50.000; el programa nacional de investigación geotécnica; el mapa hidrogeológico nacional, como base para el programa de inventario de aguas subterráneas; y la iniciación de la investigación de los fondos marinos. Otros programas atienden a problemas urgentes, que debe intentarse resolver en el período de vigencia del III Plan: investigación de minerales radioactivos, de hierro, de plomo-cinc de piritas y sulfuros complejos. Un último Programa Sectorial, el denominado «varios», está concebido para desarrollar las investigaciones de las 16 sustancias que aún no son objeto de programa independiente, de las 21 que en la actualidad hemos determinado como prioritarias. Será en el futuro como una segunda edición del PNIM.

Los datos más significativos de cada una de las cinco actividades de partida y de los nueve Programas Sectoriales son los siguientes:

#### Estudios de economía y mercado

Hemos realizado estudios de economía y mercado sobre sustancias minerales, sobre rocas industriales y aguas subterráneas, y para determinar el beneficio que puede esperarse de la realización de un buen mapa geológico nacional a escala de 1:50.000.

En cuanto a las sustancias minerales se han estudiado 110 de ellas, clasificadas en 55 grupos, y analizadas según seis criterios distintos. Se ha concluido que son prioritarias 21 de ellas: hulla coquizable, hierro, mercurio, sales potásicas, piritas, plomo, aluminio, cinc, espato flúor, sal común, cobre, fosfatos, oro, níquel, estaño, plata, manganeso, uranio, wolframio, titanio y bismuto.

La selección de estas sustancias se halla en relación con el papel que presentan o se estima va a representar en la economía española. Ello no prejuzga el interés de incluir a todas ellas dentro de un programa de investigación minera de sus yacimientos, por el mero análisis económico, ya que en algunos casos las medidas a tomar serán más bien de reordenación de la estructura minera del sector correspondiente y, por otra parte, incluir o no una sustancia en un programa nacional de investigación es función de las posibilidades de existencia que el conjunto del programa deduzca para ella.

En el campo de las aguas subterráneas, y para encuadrar éstas en su verdadera dimensión económica, hemos efectuado un estudio, terminado en estos días, para evaluar la inversión que se hace en ellas; para estimar el aprovechamiento actual y futuro, y comparar los costes de las diferentes fuentes de agua. No podíamos proyectar una investigación de los recursos naturales de nuestro país, que están condicionados directa o indirectamente por factores geológicos, sin incluir en ella los estudios hidrogeológicos, pues al hacerlo se obtiene economía de tiempo e inversión.

Como resultado de esta prospección, sabemos que existen 211.000 pozos y sondeos, más un número semejante de pequeños pozos artesanos, con una inversión global, realizada por la iniciativa privada, que puede estimarse en 100.000 millones de pesetas —MP— de 1970. En los seis años últimos, de 1964 a 1969, inclusivos, se han invertido 15.000 MP en nuevos pozos y sondeos, 3.500 MP en obras de equipamiento y 2.500 MP en obras complementarias, que llegan pero excluyen a las de regadío. En total, 21.000 MP, con una media anual de 3.500 MP. El 20 por 100 de la inversión en pozos se ha estimado que es estéril, por falta de estudios previos de investigación; y el resto ha respondido a esfuerzos puntuales de reconocimiento, que han ignorado condicionamientos regionales, como el balance, que deben presidir la explotación de los mantos acuíferos

Hemos determinado también la incidencia económica de la Geología y de la Geotecnia para el planteamiento de las infraestructuras que el desarrollo industrial y turístico exigen. Esto nos ha llevado a diagnosticar las áreas en que deben centrarse, desde este punto de vista, nuestras actuaciones futuras.

Para justificar la conveniencia de realizar un nuevo mapa geológico se ha llevado a cabo un estudio que evalúa, en la medida de lo posible, los beneficios que puede proporcionar a la colectividad y, el comparar estos beneficios con el costo de la inversión necesaria, hemos obtenido un índice de rentabilidad. Sólo se han contabilizado los beneficios directos, entendiéndolos por tales los que se reportan a las grandes obras públicas, al planteamiento de la mejora de la agricultura, a la prospección de las aguas subterráneas y a la investigación minera.

La suma de beneficios, actualizada con una tasa anual del 10 por 100, en el supuesto de disponer de un buen mapa geológico 1:50.000, sería, en dieciséis años, de 3.432 MP, frente a un costo, también actualizado y para el mismo período, de 1.042 MP, lo que conduce a un beneficio potencial de 2.390 MP, con una relación de beneficio a costo del 3,29, y una tasa interna de rentabilidad del 65,5 por 100.

Por último, y dado que el estudio general de sustancias minerales diagnosticó a las rocas industriales como un sector en expansión, hemos profundizado en su estudio. El VBP superó en 1968 los 3.500 MP, en una industria atomizada, pues el 70 por 100 de las instalaciones cuentan con menos de cinco productores, el 87 por 100, menos de 10 y el 97 por 100, menos de 25. El 75 por 100 de los establecimientos corresponde a tres tipos de rocas: carbonatadas (calizas, dolomía, creta, mármol, magnesita y margas) yesos y áridos. Cinco sustancias (caliza, arcilla, granito, basalto y margas) centran el 83,5 por 100 de la producción. Diez provincias suponen el 50 por 100 de la producción nacional. El crecimiento de ésta es el período 1961-68 llega a ser del 75 por 100 en algunas rocas, como granito y basalto. El saldo comercial es deficitario, como consecuencia fundamentalmente del amianto (unos 900 MP anuales importados) y los caolines (160 MP). Finalmente hemos analizado los diversos sectores consumidores, estableciendo previsiones en cuanto al horizonte de 1980.

#### Síntesis de los conocimientos geológicos

Hemos confeccionado en dos años el mapa 1:200.000, con la síntesis de los conocimientos geológicos. La capacidad nacional de imprentas especializadas motiva el que tenga que publicarse este mapa a lo largo de 1971, aunque más del 40 por 100 lo será en el corriente año.

Deseo destacar aquí por qué ha sido necesario realizar este esfuerzo de recopilación y síntesis. Hace cuarenta y tres años, cuando se empezó la edición del mapa geológico na-

cional, sólo el IGME hacía prácticamente Geología en nuestro país. Hoy, no sólo se ha revolucionado la Geología, como consecuencia de los progresos de ella misma y de las ciencias y técnicas de que se auxilia, fotografía aérea, micropaleontología, satélites, sistemas de comunicación, etc., sino que hacen Geología en España, o la controlan o encargan: una sociedad del Ministerio de Hacienda; tres organismos del Ministerio de Agricultura, doce del Ministerio de Educación, catorce del Ministerio de Industria (si se incluyen las Empresas del INI), y cuatro del Ministerio de Obras Públicas. Empresas mineras privadas de ámbito nacional, consideramos a seis como productoras de Geología. Nueve empresas investigadoras. Doce de obras civiles. Veintitrés que hacen o han hecho prospección de hidrocarburos. Cinco universidades alemanas, una belga, trece francesas, cuatro holandesas, cuatro inglesas, dos suizas, una de Italia y otra de Portugal.

En total, 115 instituciones, universidades o empresas han reconocido parcialmente nuestro país en los últimos años: 34 con cargo a los presupuestos del Estado, 50 privadas, y 31 extranjeras. Y todas ignorándose, incluso las financiadas por la propia Administración, repitiendo trabajos, partiendo siempre de cero en cada nuevo estudio.

De esta profusión se ha beneficiado nuestra síntesis de conocimientos. Los artículos que hemos propuesto al capítulo de Legislación Minera del PNM, pretenden mantener disponible la información que se produzca mediante una ordenación futura.

#### Análisis de la Investigación

Hemos estudiado en dos años 1.790 permisos de investigación —PI— de los 2.205 existentes a 31 de diciembre de 1968. Hemos examinado 13.519 concesiones de explotación —CE— de las 17.286 existentes. Y se ha analizado el esfuerzo realizado en las reservas del Estado, aunque éste está en fase de transformación, como consecuencia de la aplicación del Decreto 1.009/68, de 2 de mayo.

De cada uno de los PI y CE se ha confeccionado una ficha en la que sería posible poner hasta 166 datos que los definirían. El grado de datos que no se han podido cumplimentar nos da una idea del conocimiento más o menos profundo que de las explotaciones en cuestión se tiene. De cada ficha se han podido pasar a ordenador 55 datos, lo que da un total de 89.705 para PI y 970.730 para CE, o sea, más de un millón de datos para el conjunto.

#### Mapa de indicios

El ordenador, a través del plóter, nos da ya los mapas por sustancias a diversa escala.

También se han procesado: los sistemas de clasificación de rocas sedimentarias, con más de 800.000 posibles solu-



ciones, más las ígneas y metamórficas; los 6.431 libros recientes consultados, con 77.172 datos; los 5.000 indicios examinados, con 275.000.

Si a esto añadimos la conveniencia de procesar, con ficha internacional, más de 200.000 pozos de agua, con más de 10 millones de datos, totalizaríamos unas cifras del orden de 20 millones de datos, en una información que debe ser viva, si de ella se quiere obtener un fruto ágil en el futuro. Para ello hemos creado el Servicio de Informática Geológica, que se conectará en su día con el Centro de Informática nacional.

#### Mapa metalogénico

Estableciendo una metodología y simbología totalmente originales, hemos terminado el mapa metalogénico precursor, mediante el cual, conjugando la síntesis geológica con el mapa de indicios y diagnosticando cuáles son estadísticamente los acompañantes de éstos, o metalotectos, hemos señalado las áreas favorables de investigación para las 21 sustancias prioritarias.

Vamos a publicar, con el PNIM, 8 mapas escala 1:200.000 de las regiones naturales más importantes de España, y 8 mapas 1:1.000.000 de las 21 sustancias.

#### PROYECTOS PARA EL III PLAN

Como consecuencia de los trabajos realizados en el bienio que está terminando, hemos confeccionado un conjunto de programas que denominamos sectoriales, y que hacen referencia, como señalaba anteriormente, a la mejora de la infraestructura de la investigación y a la resolución de problemas concretos. Estos programas son los siguientes:

#### Mapa Geológico Nacional a escala de 1:50.000

Se ha redactado el proyecto para la formación de la segunda serie del Mapa Geológico Nacional a escala de 1:50.000, según programa que denominamos MAGNA. Tras analizar la presente serie, que para algunas hojas se encuentra en su segunda edición, pero que sólo cubre un 11 por 100 del país con fiabilidad óptima, tomamos contacto con numerosos Servicios Geológicos de países de más alto nivel de desarrollo que el nuestro, para conocer sus programas y metodologías.

Con esta base de partida y tras la confección de la síntesis 1:200.000, y de los programas de clasificación de rocas mediante ordenador, pasamos a definir el nuevo modelo de Hoja 1:50.000, que se ensayará, en 1971, sobre ocho ejemplares. Hemos establecido los datos para valorar cada una de las hojas en función de los adecuados parámetros. Para decidir su ordenación en el tiempo, se efectuó una encuesta de ámbito nacional sobre el interés de los di-

versos organismos inversores de la nación en relación con las Hojas en cuestión. Una serie de previsiones sobre definición de unidades geológicas, de regiones y de trabajos de comprobación y control, completan la programación del MAGNA.

Estimamos que se pueden confeccionar las 1.130 Hojas que lo componen en los próximos dieciséis años, con un alto nivel científico y una aplicación inmediata a problemas de desarrollo, utilizando todos los efectivos con que actualmente se cuenta. A este fin hemos efectuado una encuesta, también sobre elementos humanos y de laboratorio, en 37 Organismos oficiales y 29 empresas públicas y privadas, con un 90 por 100 de respuestas: la conclusión es afirmativa en cuanto a la posibilidad de contar con el suficiente equipo. Sin embargo, es necesario que se cumpla una condición: que los científicos y técnicos que laboran actualmente en una acción geológica muy meritoria, pero dispersa y desordenada, acepten integrarse en la confección del Mapa, mediante los oportunos contratos de investigación, con el mismo entusiasmo con que lo han hecho en la realización de la síntesis.

Hemos llegado a estudiar, y me detengo aquí algo más, en función del lugar en que nos encontramos, la distribución que sería necesaria en el número de especialistas: geólogos de campo, petrólogos, macro y micropaleontólogos, sedimentólogos y otros. A la vista de los programas de formación de los diversos centros universitarios y del número previsible de licenciados y doctores de los próximos diez años, hemos determinado los excesos y las faltas que pueden darse en las diversas ramas científicas y técnicas que serían necesarias. Es por esto importante que se estudie por ustedes esta demanda, con el fin de que se pueda satisfacer, adecuando, en la medida de lo posible, los programas de formación a las necesidades de éste y de los restantes proyectos. Reitero en público el ofrecimiento que ya he hecho privadamente de exponer detalladamente nuestro programa en ésta y otras Universidades, con el fin de que sea discutido y mejorado, y la Universidad pueda, así, responder, una vez más, a este servicio de formación que le está encomendado.

#### Investigación geotécnica nacional

Para programas las investigaciones geotécnicas nacionales, como segundo programa sectorial, hemos estudiado la evolución de las mismas en diecisiete países, desde 1913, llegando a la conclusión de la necesidad de formalizar estos estudios en el nuestro.

Hemos previsto la confección del Mapa Geotécnico a escala de 1:200.000, que denominamos mapa general; mapas básicos a 1:25.000, y mapas selectivos, a 1:5.000. Como consecuencia de los estudios realizados y de las encuestas efectuadas, estos mapas cubrirán las regiones en las que va a ser necesario, en los próximos años, un esfuerzo de in-

fraestructura para el desarrollo industrial, turístico y urbano.

Vamos a confeccionar, también, mapas de rocas de utilización industrial, y a continuar las investigaciones de yeso, que hemos hecho en el II Plan, e iniciar las de cerámica, construcción y ornamentación y áridos, que han resultado prioritarias en el estudio de economía y mercado.

Como última actividad geotécnica potenciaremos el laboratorio geomecánico nacional, que se integrará en el centro de Desarrollo Minero, cuya creación está prevista. De esta forma podremos estudiar los sistemas óptimos de explotación de determinados yacimientos, en función de sus características geomecánicas previstas.

#### Mapa Hidrogeológico Nacional.

Terminado, también, en este período de preparación, el primer Mapa Hidrogeológico Nacional, a escala de 1:500.000, estamos ya en condiciones de proceder al inventario de los recursos hidráulicos subterráneos.

La demanda creciente de agua que el progreso socioeconómico provoca y los avances científicos y técnicos que se aplican para satisfacerla, han hecho surgir problemas legales y tecnológicos, desconocidos en un pasado próximo, en orden a la gestión óptima del agua como recurso natural.

Para basar esta acción hemos confeccionado un mapa de niveles permeables; un inventario, reducido pero característico, de los puntos de agua que drenan los mantos; una síntesis posterior para delimitar, definiéndolos, los grandes conjuntos hidrogeológicos; mapas de lluvia útil; evaluación de la escorrentía subterránea, analizando los hidrogramas de 135 estaciones de aforo. Con todo ello hemos llegado a establecer un orden de cifras de las recargas naturales de los acuíferos y, en consecuencia, de la magnitud en que podría situarse su explotación futura.

En una segunda fase, se han previsto y cuantificado los oportunos programas de investigación, once, que necesitarán un plazo de ocho años para efectuarse con un coste total inferior a la inversión que se realiza actualmente en los sondeos fallidos en dos años.

Finalizado este trabajo, estamos ya en conexión con los Ministerios de Obras Públicas y Agricultura para ordenar en el tiempo nuestra acción conjunta y obtener, de esta ordenación, lo que propiamente se denominará Programa Sectorial de Investigación de las Aguas Subterráneas.

#### Investigación de fondos marinos

El estudio profundo previsto de nuestra Geología, de la Minería y de las aguas, nos ha llevado insensiblemente a la necesidad de extender esta acción a la Geología submarina, como rama importante de la Oceanografía. Es insistente en los dos últimos años la llamada de atención de las

Naciones Unidas en orden al conocimiento de los recursos contenidos en el fondo del mar. De ahí el título de un cuarto programa sectorial al que denominamos FOMAR, con el que se pretenden complementar, con los puntos de vista que nos son peculiares, los esfuerzos que otros Organismos españoles realizan en el campo de la Oceanografía.

Previo los oportunos contactos internacionales, hemos redactado un programa para mejorar el conocimiento geológico y minero de nuestras plataforma y talud continentales. Este programa se desarrollará en coordinación de los Ministerios de Marina, Industria y Comercio.

#### Programas de investigación de uranio, hierro, plomo y cinc, y piritas y sulfuros complejos

Cuatro programas sectoriales más hacen referencia a los minerales de uranio, hierro, plomo y cinc, unidos, y piritas y sulfuros complejos.

El primero ha sido elaborado por la Junta de Energía Nuclear, el segundo y tercero por nosotros, y el cuarto por la Dirección General de Minas.

En todos ellos se sigue la metodología deducida de los estudios básicos del PNIM y se pretende concluir, en el período 1972-75 la investigación de estas sustancias, con exclusión de labores de cubicación de detalle que se aconsejasen para los diversos yacimientos que se descubran.

El programa de uranio prevé la continuación e iniciación de investigaciones en nueve zonas, de las que cinco se consideran de primer interés, y cuatro de segundo. El de hierro ha preparado los proyectos de ocho zonas, contemplando su investigación integral, desde la prospección al beneficio, con exclusión de labores de cubicación. El de plomo y cinc ha redactado los proyectos de investigación de diez zonas. Y el de piritas, por último, estudia el distrito de Huelva y el beneficio integral de nuestras piritas complejas.

#### Otros minerales

El último de los programas sectoriales ha englobado las 16 sustancias, de las 21 prioritarias, que no han merecido aún un estudio independiente. No obstante, para cada una se han contemplado las perspectivas que su utilización ofrece en el horizonte de 1980; de todas se ha efectuado un análisis de la situación legal que presentan los permisos y concesiones; se ha realizado un mapa metalogénico 1:1.000.000 de cada una, un cuadro de tipología, y una estimación de las áreas prioritarias y del coste previsto para su investigación.

#### RESUMEN

Como resumen de esta apretada exposición, que hubiera deseado que resultara, al menos, comprensible, podemos

afirmar, sin la menor duda, que la perspectiva que ofrece la investigación geológica y minera de España, no sólo es nueva, en cuanto que está incluida en un programa de conjunto, que le da un más alto grado de probabilidad de acierto y una seguridad de menor coste, sino que permite contemplar con fundado optimismo la contingencia de este negocio, que nos ocupa y nos preocupa, pues mediante él podemos prestar un servicio eficaz a la colectividad de que formamos parte.

Esta es la satisfacción que personalmente nos queda al haber terminado nuestro *Programa Nacional de Investigación Minera*. Sabemos que, como toda obra humana, tiene imperfecciones, que se han aumentado en algunos aspectos, en función de las fechas e inversiones a que hemos debido

ajustarnos, pues algún programa sectorial, como el del mapa hidrogeológico, ha debido anticipar en un año su fecha de terminación. Pero, en conjunto, estamos satisfechos por haber abierto para nuestra investigación caminos nuevos.

Sentimos ahora la urgencia de partir hacia una serie de horizontes que hace un año ignorábamos, en los que tampoco existen caminos hechos y los podemos abrir. Horizontes que ofrecen al que los persiga y a la Nación, si se identifica con este Gran Tema, que es la investigación en general y la nuestra en particular, la seguridad de poder entregar a las generaciones que nos sigan, a gran parte de ustedes, un nivel de conocimientos, de ordenación y de favorables perspectivas, muy superior al que nosotros hemos recibido.

## Mapa Litológico de España Peninsular e insular

Realizado por el Instituto Nacional de Edafología, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; el Servicio Geológico de Obras Públicas, del Ministerio de Obras Públicas; el Instituto Geológico y Minero de España del Ministerio de Industria.

Formado bajo la dirección de Oriol RIBA ANDERIU, (1) y la colaboración directa de I. CORRALES ZARAUZA, J. VILLENA MORALES y J. QUIRANTES PUERTAS, del Departamento de Sedimentología y Suelos de Zaragoza, C. S. I. C. Dirección técnica a cargo de Federico MACAU VILAR (2).

Han colaborado con datos y cartografías originales inéditos con revisión o recapitulación de algunas zonas: J. BAENA PEREZ (prov. de Almería y Málaga); B. BOMER (parte de la depresión terciaria del Ebro); T. BRAVO (prov. Tenerife); G. COLOM (Rev. Mallorca); I. CORRALES ZARAUZA (parte de Asturias); J. M. FONTBOTE (Aandalucía Oriental); J. M. FUSTER CASAS (prov. de Segovia); V. GARCIA DUEÑAS (prov. Granada, Jaén y Córdoba); A. GARRIDO (parte del Bajo Aragón y Maestrazgo); F. HERNANDEZ-PACHECO (Extremadura); N. LLOPIS LLADO (†) (Toledo); F. MACAU VILAR (†) (prov. Gran Canaria); J. A. MARTINEZ ALVAREZ (parte Asturias); I. PARGA PONDAL (Galicia y parte Prov. León); J. QUIRANTES PUERTAS (prov. Cádiz y Sevilla); J. M. RIOS (zonas prov. Cuenca, Guadalajara y Soria); J. ROSELL (parte Prepirineo de Lérida y prov. Tarragona); L. SANCHEZ DE LA TORRE (Toledo); L. SOLE SABARIS (rev. Cataluña); J. VILLENA MORALES (parte Cordillera Ibérica, entre Molina de Aragón y Calamocha); C. VIRGILI (zona prov. Tarragona).

Mapa de E. 1:500.000 en cuatro hojas, solapadas para su formación como mural, más una quinta hoja suplementaria correspondiente a la explicación. Fotomecánica X. Coll. Impreso en Gráficas M. Bobé (Barcelona 1970). Edición cerrada el año 1968.

El Mapa Litológico de España (1970) que ahora ofrecemos a la consideración de todos los geólogos españoles es el resultado de varios años de trabajos y tentativas para hallar un sistema adecuado y relativamente sencillo de representación de todas las formaciones rocosas de nuestro territorio. La versión recién salida de la imprenta no la consideramos como definitiva, ni por el detalle y el trazado de los contornos, ni por el conjunto de signos, tintas y métodos de representación que en él se han empleado.

Veamos en primer lugar el desarrollo histórico de la idea que hemos llevado a la práctica.

Hace ya mucho tiempo que E. Hernández-Pacheco (1936) (3) presentó un esquema de la Península Ibérica en el que todos los terrenos integrantes del territorio peninsular que-

(1) *Sección de Estratigrafía y Sedimentología*, «Inst. Jaime Almera», de Investigaciones geológicas, C. S. I. C. Barcelona.

(2) Servicio Geológico de Obras Públicas (Ministerio de Obras Públicas).

(3) HERNÁNDEZ-PACHECO, F. (1936): *Litología del Solar Hispano*. «Las Ciencias», t. 3, pp. 309-313, Madrid.

daban englobados en tres grandes unidades denominadas por dicho autor «España silícea», «España calcárea» y «España arcillosa». A grandes rasgos, los terrenos silíceos coincidían con los manchones del mapa geológico marcados como granito, estrato cristalino y Paleozoico; los calcáreos, con los terrenos mesozoicos y nummulíticos con los que están edificadas nuestras cordilleras alpinas; y por último, los terrenos arcillosos se corresponden con las grandes cuencas terciarias españolas y el Cuaternario. De este modo quedaban bien a la vista los tres grandes tipos de paisajes del solar hispano.

En un país como el nuestro, de clima semi-árido en una gran extensión del territorio, los suelos que se forman dependen indudablemente, en cuanto a composición y tipología, del substrato rocoso sobre el que se desarrollan. Muchas veces la erosión del suelo deja casi totalmente la roca al desnudo, otras veces se aran las arcillas terciarias o los aluviones cuaternarios que apenas tienen tiempo de meteorizarse a causa de la ablación debida a las aguas de arroyada y por falta de cubierta vegetal. Salvo en las zonas húmedas los suelos evolucionan lentamente hacia los tipos climax, en equilibrio con el clima, vegetación y substrato rocoso. Por esta razón un mapa de suelos de nuestro país tiene que sentarse sobre un mapa litológico, y, en parte, coincidirán los contornos.

Fueron, pues, los edafólogos los que sintieron de una manera apremiante la necesidad de disponer de un mapa en el que quedaran figuradas las formaciones petrográficas de nuestro subsuelo, y que fuera de lectura directa. Es decir, que para su interpretación no fuera preciso el conocimiento de la estratigrafía de nuestro país; que no fuera preciso, en una palabra, ser geólogo.

Por esta razón, ya en 1951, el Profesor Albareda nos encargó hiciéramos un esquema litológico de Cataluña, que quedó inédito, pero que nos permitió entrever las enormes dificultades que esta labor entrañaba. Algo más tarde fuimos encargados de un primer levantamiento de toda la península, que salió publicado en colaboración con J. M. Albareda y M. Muñoz Taboada (1957) (4), en un trabajo relacionado con las arcillas en los suelos y sedimentos españoles. En dicho trabajo, el mapa, muy esquematizado, adquirió ya un aspecto, a pesar de las limitaciones impuestas por la escala, muy parecido al que ofrece la edición a gran escala.

El mapa geológico de conjunto de España a escala 1:1.000.000 (I. G. M. E., 1966), que los cultivadores de la ciencia de la Tierra están acostumbrados a manejar, es en realidad, una cartografía mixta; se trata de un mapa en el que se representan las edades de las formaciones sedimentarias (sin añadir ningún signo que indique la composición petrográfica) y un mapa litológico para los terrenos cristalinos (formaciones ígneas y metamórficas). Para ser un mapa homogéneo en su concepción deberían de traducirse todas las formaciones sedimentarias en signos petrográficos, y entonces tendríamos del Mapa de Litologías; o por el con-

(4) *Agrochimica*, vol. 2, núm. 1, pp. 68-87, 5 figs., Pisa Italia.

trario, dando edad a los terrenos cristalinos, convertir enteramente el mapa en un Mapa Cronostratigráfico. Pero muy bien se sabe que este último no está aún a nuestro alcance, y aún menos lo estaba cuando hace ya un siglo se inició el levantamiento del mapa geológico de España.

Así pues, el lector del Mapa Geológico de España tiene que ser un geólogo muy avezado y conocedor de la estratigrafía española para saber, en un lugar dado, el tipo rocoso existente; y, en el fondo, hay que admitir que nadie conoce la totalidad del territorio, teniendo, pues, que recurrir a la consulta de la bibliografía existente. De ahí nació la idea de llevar a cabo esta «traducción sistemática». Un mapa así concebido será útil a edafólogos, botánicos y geógrafos; a ingenieros agrónomos, forestales y de obras públicas; a geocímicos, militares, y también ¿para qué dudarlo? a los propios geólogos.

Ahora bien, son muy pocos los países que han elaborado un mapa nacional de la índole del que hemos presentado; entre ellos tenemos el Mapa Geotécnico de Suiza (1938) (5), a una escala bastante mayor que el nuestro y elaborado con un criterio y unas normas que difieren bastante de las que definitivamente hemos adoptado.

Asimismo, tenemos en la mano la «Carta Litológica de Portugal» elaborada por L. F. Mendía de Castro (6), a una escala más reducida (1.000.000), acompañada de una detallada Memoria explicativa. El criterio empleado en esta cartografía lusitana es menos radical que el nuestro: las manchas y contornos utilizados son los mismos que los que figuran en el correspondiente mapa geológico y aunque los colores y signos que se superponen sean distintos, no se han querido unificar formaciones de igual tipo litológico, pero de edad distinta. Por ejemplo, figuran separadamente los «Calcáreos de Santarém», del Pliocénico, con moluscos terrestres de agua dulce, y los «Calcáreos de Pernes o de Almoster» del Miocénico, también con moluscos terrestres.

### LA ELECCION DE ESCALA

La cuestión de la representación de las distintas formaciones estratigráficas en un mapa a escala relativamente pequeña fue motivo de muchas tentativas hasta adoptar unos signos convencionales apropiados y una gama de colores que, con sus contrastes, permitiera una visión de conjunto armoniosa y al mismo tiempo un aprendizaje a la lectura relativamente rápido. Asimismo, la escala definitivamente adoptada ha ido creciendo en tres tentativas sucesivas, pasándose de la 1:1.000.000 a la 1:500.000, que definitivamente hemos adoptado. En la primera se utilizó como base un mapa geológico a escala 1:1.000.000 del Instituto Geológico y Minero

(5) *Geotechnische Karte der Schweiz*. Publicada por la «Geotechnischen Kommission der Schweiz». Naturforschenden Gesellschaft. Escala 1:200.000, 4 hojas en color. Kümmerly und Frey; Geographisches Verlag. Berna, 1938.

(6) L. F. MENDIA DE CASTRO: «Carta Litológica de Portugal». Escala de 1:1.000.000. Noticia Explicativa. Agro-nomía Lusitana, voly. 29, t. 4, pp. 289-374, 1968.

de España, pero pronto se vio que la extensión era insuficiente para representar el detalle de las litologías; luego se pensó que sería mejor utilizar como base de dibujo el Mapa de España a escala 1:500.000 y reducido al 1:750.000. Este segundo ensayo nos delató una pérdida notable de detalle; por todo lo cual se optó por la edición al 1:500.000 sin reducción alguna.

Bueno, en realidad, la cuestión de la escala definitiva fue muy discutida, y estaba en relación con el detalle de las zonas cartografiadas. Para muchas zonas montañosas alpinas: para Cataluña, Pirineos, una gran parte del Levante, las montañas cantábricas, Asturias, las Baleares, algunos sectores de las Cadenas Ibéricas, tenían que cartografiarse, como mínimo, a 1:500.000 para no perder detalle. En cambio, grandes extensiones de las Cordilleras Béticas, de la Meseta paleozoica aún poco estudiadas, la escala 1:1.000.000 era más que suficiente. Se prefirió mantener, en definitiva, la riqueza del detalle de las zonas más estudiadas adoptando la escala grande.

Y para que se tenga idea de las dificultades que entraña la elección de escala, éstas aparecieron de modo muy patente cuando el Instituto Geográfico y Catastral solicitó realizáramos una reducción del Mapa de Litologías a la escala 1:2.000.000, para aparecer como mapa temático dentro del «Atlas Nacional de España» (7). El paso del 500.000 al 2.000.000, implica además de reducir 16 veces la extensión del mapa, la unificación de muchas manchas, la supresión selectiva (según la importancia) de muchas otras; por ello se tuvo que adoptar una nueva gama de signos convencionales más simplificada. El primer ensayo nos salió demasiado detallado, imposible de reducir a la escala del Atlas; pero apto para la escala intermedia de 1:1.000.000. Pero a partir de éste, y apartando de la vista el mapa de partida, se logró una nueva simplificación, que fue definitivamente admitida.

La base topográfica que se empleó fue el Mapa Topográfico de España, a escala 1:500.000 del Instituto Geográfico y Catastral (1.ª edición).

#### METODO REPRESENTATIVO

La segunda tarea que se planteó, después de la elección de escala, fue la de decidir lo que se iba a representar en el mapa litológico. Si nos hubiéramos limitado a representar los tipos rocosos más elementales: gravas, arcillas, calizas, pizarras, granito, etc., el mapa hubiera sido, en efecto, bastante pobre y sencillo. El mismo material de partida; por ejemplo, la arcilla puede evolucionar a argilita, pizarra, esquisto..., que tienen bastante paralelismo con la edad y con el grado de coherencia de la misma. Este último factor tiene gran trascendencia no sólo para los edafólogos, sino también para todos los demás aspectos geológicos, morfológicos y de geología aplicada.

Nos pareció además que los factores genéticos del medio en que se formaron las rocas sedimentarias influyeron deci-

sivamente en la composición, textura y estructura de la roca, es decir, con la facies. Por esta razón se separaron varios grupos de rocas sedimentarias entre los que destacan las rocas de sedimentación marina, de sedimentación continental, de sedimentación de medios confinados o endorreicos; de medios de transición, etc. Evidentemente, por ejemplo, unas margas sedimentadas en medio endorreico, van acompañadas por elementos salinos en comparación con el mismo tipo de roca depositado en un medio distinto, como ocurre con las margas marinas.

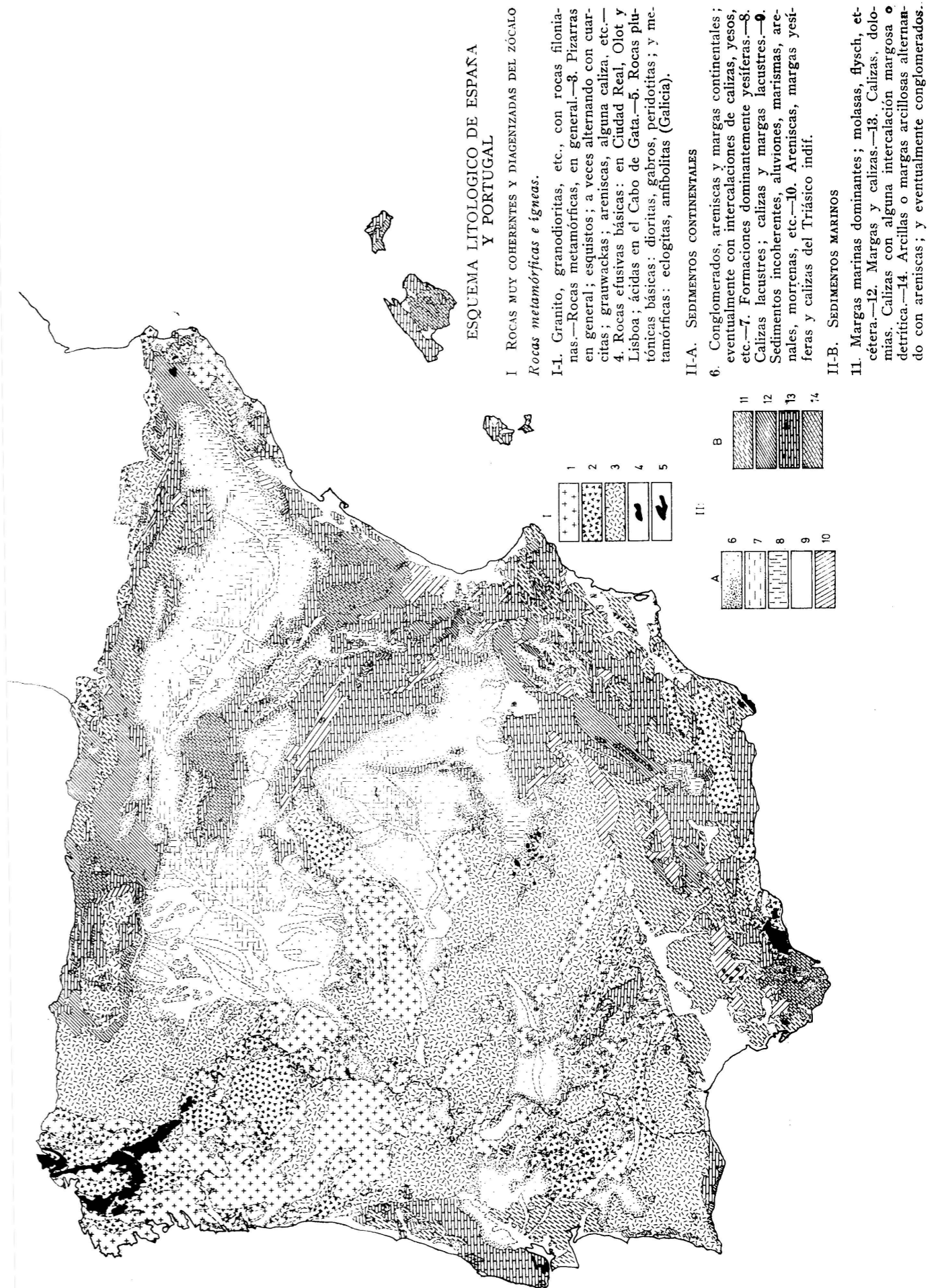
En primer lugar, nos propusimos que en dicho mapa quedarán netamente diferenciadas las facies marinas de las continentales, así como los terrenos cristalinos, para lo cual se adoptaron tres tipos de rayados fundamentales: Rayado horizontal: facies marinas y de transición. Rayado vertical: facies continentales. Rayado oblicuo: terrenos metamórficos.

En segundo lugar se quiso que los conjuntos de colores dieran una idea de la coherencia o grado de diagenización de los distintos tipos rocosos, especialmente para las arcillas. Así, en principio, y para éstas, se han distinguido las arcillas sueltas, cuaternarias y pliocenas, las argilitas terciarias y mesozoicas, y las pizarras paleozoicas. Por último, se han ido diferenciando, siempre que ello ha sido posible, los terrenos carbonatados de aquellos que no lo son.

En principio, se ha adoptado un color para cada tipo de roca fundamental; por ejemplo, azul oscuro, para las calizas; pardo, para las areniscas; amarillo para las margas continentales; gris, para las pizarras; rosado, para las cuarcitas; etcétera. Las formaciones compuestas por varios términos rocosos alternantes, se han representado utilizando como fondo el tipo de roca dominante, y con un rayado o varios, el tipo o tipos de roca acompañante. Así, por ejemplo, un Flysch calcáreo-detritico se representará en azul claro, para las margas, y un doble rayado fino horizontal (facies marina) de color azul oscuro y pardo, para los bancos calizos y areniscosos, respectivamente. Una formación de margas continentales yesíferas quedará expresada mediante un fondo amarillo, representativas de las margas continentales, más un rayado vertical (facies continental) de color violeta correspondiente a los yesos. El espesor del rayado, por otro lado, indicará si se trata de bancos muy delgados o muy gruesos.

Cuando se ha tratado de formaciones de facies muy homogénea, pero con varios componentes, y que tienen gran extensión en la Península, se ha adoptado, para simplificar, un color o signo único; por ejemplo, para el Keuper (anaranjado); para el Buntsandstein rayado vertical pardo oscuro; para la facies Utrillas, rayado ondulado del mismo color, etc. En esos casos particulares es preciso recurrir a la leyenda explicativa.

Como se comprenderá en seguida, este trabajo doble, de traducción y de representación, no ha sido tarea breve ni sencilla. Ha sido preciso trazar de nuevo todos los contactos existentes en el Mapa Geológico; y trazar muchos más, ya que el Mapa de Litologías es mucho más variado que el primero. En cambio, algunos contactos meramente cronostratigráficos han sido eliminados, fusionándose manchones de igual composición, aunque esto se da con mucha menos frecuencia que lo primero.



El trabajo de «traducción» ha consistido en la lectura e interpretación de todos los trabajos estratigráficos regionales existentes y la utilización y comparación (¡las dudas que con frecuencia surgen al tener que decidir entre dos mapas!), de las respectivas cartografías que se superponen. Podemos afirmar que, en general, la preparación y documentación sobre un área determinada, ha sido tarea más lenta y más ingrata que la del dibujo propiamente dicho. Quizá puede sorprender el afirmar que una misma roca haya podido ser clasificada de distinta manera. Por ejemplo, el Mioceno del SE de Mallorca, en el Cap Blanc, es una formación dominante carbonatada. Para unos autores es un marés; para otros una calcarenita, para otros una caliza o una molasa calcárea... Se comprenderá que, a veces, a pesar de existir varias publicaciones, sea preciso realizar un análisis crítico de ellas. Pero a pesar de los centenares de publicaciones consultadas, aún quedan en nuestro país áreas de las que sólo disponemos del imperfecto y anticuado mapa geológico de conjunto al las mismas (8). Así, pues, podemos decir que van a constituir verdaderas novedades las zonas cartografiadas de los terciarios continentales del Ebro, Tajo y parte del Duero. Habrá zonas que aparecerán muy detalladas por haber sido objeto de muchas monografías (Pirineos, montes vasco-cantábricos, Cataluña, parte de la Ibérica y de las Béticas, las Baleares, etcétera); al lado de áreas extraordinariamente pobres en cartografía, como continúan siendo el Mestrazgo, zona de Segorbe; algunas zonas de la Meseta paleozoica; antiguas provincias de León; varias zonas de Cuenca y Teruel, etc.

Para paliar en parte esos defectos y con el fin de disponer de datos de primera mano, se requirió la colaboración de varios especialistas para que confeccionaran con este propósito las áreas de sus respectivas especialidades; o, por lo menos, que nos suministraran sus cartografías originales; o, simplemente, que nos corrigieran las zonas cartografiadas por nosotros. Estos trabajos de colaboración se deben concretamente a los Sres. F. Hernández-Pacheco, B. Bomer, L. Solé Sabarís, G. Colom, T. Bravo, F. Macau Vilar, A. Garrido, J. M. Fúster, J. Martínez Alvarez, N. Llopis Lladó, J. Rosell, L. Sánchez de la Torre, J. M. Fontboté y colaboradores, V. García Dueñas y C. Virgili.

Aún así, ha sido preciso realizar algunas excursiones por nuestra parte con el fin de completar o apuntar algunas áreas muy pobres, tales como el Maestrazgo; zona occidental de la Meseta del Duero; zona de la depresión de Almazán, o contribuir con nuestras investigaciones inéditas

(8) Han aparecido casos realmente sorprendentes de huecos cartográficos situados en áreas que podemos afirmar poseen una cartografía de detalles medio aceptable para nuestro propósito. Nos referimos a la Sierra de Aralar (Navarra-Guipúzcoa), olvidada o dejada en el cargen de las cartografías de Lamare; Rat y Mangin. El mapa de Lotze (al 200.000, inédito) acusa asimismo este defecto proponiendo unas interpolaciones, a nuestro criterio bastante mal fundamentadas. Ahora este hueco ya ha sido colmado con los nuevos planes provinciales de Guipúzcoa (I. G. M. E.) y Navarra (Dip. For. Nav.).

sobre el terciario continental del Ebro y Tajo, y algunas áreas de la Ibérica (de Quirantes, Riba, Villena)

Es obvio apuntar que una obra de síntesis basada en los conocimientos que se tienen en un momento dado de un área de tanta vastedad como España, ofrecerá problemas de ensamblaje de difícil solución; problemas de interpretación litológica especialmente en las zonas en que ha sido necesario trabajar mediante perfiles estratigráficos o simples descripciones «por puntos». El riesgo de incurrir en algún error es mucho mayor para el mapa litológico que para el mapa de conjunto geológico; ya que, puestos en el primer caso, nadie dudará sobre el terreno acerca de la naturaleza petrográfica de una formación; mientras que aún hay en nuestro país muchas formaciones de edad dudosa y que están sujetas a diversas interpretaciones.

Finalmente, permítasenos que insistamos sobre el modo en que se ha confeccionado el mapa. Nos encontramos en un momento de gran auge cartográfico. Es de prever que en muy pocos años ya no quedarán áreas vírgenes de cartografía detallada. Esta «explosión cartográfica» ha hecho que en el transcurso de los ocho años que ha durado la confección del mapa hayan ido apareciendo mapas regionales que han obligado a dibujar de nuevo o a repasar zonas bastante extensas. Por ejemplo, así ha ocurrido al aparecer el «Mapa geológico del Noroeste de España»; el «Mapa geológico de la cuenca terciaria del Duero»; el «Mapa del Wealdense de la Sierra de Cameros», etc.

El levantamiento del mapa se dio por terminado en 1967, y se dibujó inmediatamente; en 1968 aún se pudieron introducir algunas modificaciones sin alterar demasiado los contornos del dibujo. Es evidente que durante el tiempo discurrido entre aquel momento y el de su aparición han transcurrido dos años y han salido a la luz nuevas cartografías regionales. ¡Sólo deseamos que estos defectos que ya tenemos previstos, sean por lo menos compensados por la originalidad del trabajo realizado y esperamos que nadie la pondrá en duda!

#### Agradecimientos

No podemos terminar la presentación del mapa sin rendir homenaje al promotor que fue del mismo, el Prof. J. M. Albareda. Fue él quien nos pidió lo iniciáramos y quien alentó su ejecución, como presidente de la «Comisión de Cartografía Agrobiológica», del Instituto Nacional de Edafología (C. S. I. C.). De dicha Comisión se recibieron ininterrumpidamente ayudas económicas desde 1960 a 1968. Las sugerencias recibidas del Prof. Albareda y de los demás componentes de la mencionada Comisión han sido decisivas para la confección del mapa.

(9) MACAU VILLAR, F. y RIBA, O.: *Situación, características y extensión de los terrenos yesíferos en España*, con 2 mapas de los terrenos yesíferos en España a escalas 1:1.000.000 y 1:2.000.000, en color. Ir. Col. Int. sobre las Obras Públicas en los Terrenos Yesíferos, 1962, vol. V, Madrid, Ser. Geol. O. P.

P rarelamente (9), en 1962, a raíz del «I Coloquio Internacional sobre las obras públicas en terrenos yesíferos», nuestro colaborador, recientemente fallecido, Dr. Federico Macau, nos pidió ayuda para la ejecución de un mapa de yesos de España. El dibujo del mismo se realizó en gran parte con la ayuda de las minutas del Mapa Litológico. Sugestionado por la trascendencia del Mapa Litológico, desde aquel momento, el amigo Macau se incorporó con su desbordante entusiasmo a la tarea del mapa.

Es preciso agradecer también la ayuda económica prestada en partes iguales por el Servicio Geológico de Obras

Públicas y por el Instituto Geológico y Minero de España, a través de sus respectivos directores, Sres. M. Gómez de Pablos y J. A. Gómez Angulo, gracias a cuyos centros ha sido posible la edición del presente mapa.

A don X. Coll y a Gráficas «M. Bové» se les debe la ejecución material de la edición; no han regateado esfuerzo alguno para que el mapa resulte litográficamente una obra muy armonizada y bien ajustada, y es preciso reconocer que han soportado con una abnegación a toda prueba las innumerables correcciones que ha sido necesario introducir en las 65 planchas del mapa.

## Noticias

### REUNIONES CIENTÍFICAS

#### III CICLO DE CONFERENCIAS-COLOQUIO SOBRE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA GEOLOGIA

Organizado por la Asociación de Geólogos Españoles para el Departamento de Estratigrafía (Facultad de Ciencias), e Instituto de Geología Económica (C. S. I. C.), se ha celebrado el III Ciclo de Conferencias-Coloquio con el siguiente programa:

*Geoquímica de los problemas de Geología Económica*, por don Francisco de Pedro, Jefe de Geoquímica de la Junta de Energía Nuclear.

*Aplicaciones del ordenador electrónico en Geología y Minería*, por D. Modesto Escobar, del Centro de Cálculo de la Escuela Técnica Superior de Minas.

*Organización y fases de una exploración petrolera*, por don Jaime Asséns, de la Compañía de Petróleos, Sociedad Anónima (CEPSA).

*Prospección Aérea*, por don. Enrique Suárez, del Departamento de Prospección Aérea de la Junta de Energía Nuclear.

*Geología de Autopistas*, por don Joaquín Gracia, del Departamento de Geología de Autopistas Concesionarias Española.

*Nuevas perspectivas de la Investigación Geológicas y Minera de España*, por don Juan Antonio Gómez Angulo, Director del Instituto Geológico y Minero de España.

#### IV CURSILLO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA

Organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Politécnico Superior de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y con la colaboración de los Técnicos del Proyecto Hidrogeológico del

Guadalquivir (F. A. O.), se celebrará durante los meses de febrero y marzo en los locales de la E. T. S. I. M. de Madrid (Ríos Rosas, 21), el IV Cursillo de Hidrogeología aplicada, cuyo programa es el siguiente:

##### 1.ª PARTE

Conceptos básicos en hidrogeología. Funcionamiento del ciclo del agua en la naturaleza. Pluviometría. Evapotranspiración. Escorrentía superficial y total. Infiltración. El manto acuífero subterráneo. Definiciones y constitución.

Tipos de mantos. Estructuras hidrogeológicas. Tipos de acuíferos en diversos tipos de estructuras geológicas. Ejemplos. Circulación del agua a través de medios porosos. Principios y leyes generales. Hidrodinámica subterránea. Hidroquímica.

##### 2.ª PARTE

Hidrogeología aplicada. Objetivos para la realización de un estudio hidrogeológico general. Realización de un estudio hidrogeológico regional. Planificación del estudio.

Trabajos preliminares. Geología. Mapas. Selección. Inventario de puntos acuíferos. Análisis químico. Mapas piezométricos. Síntesis de trabajos previos. Preparación de las obras. La geofísica como auxiliar del hidrogeólogo. Sondeos de investigación. Ensayos de bombeo. Cálculos cuantitativos. Recursos, reservas, balances generales. Los modelos analógicos y matemáticos como procedimiento de síntesis y calibración. Sondeos para captación. Procedimientos diversos. Tratamientos especiales.

##### 3.ª PARTE

Técnicas hidrogeológicas de detalle. Fotografía aérea. Estudios de pequeña magnitud. Montaje de un equipo de hidrogeología. Hidrogeología de zonas kársticas. Estudios hidrogeológicos de reconocimiento general. Realización de mapas hidrogeológicos con diversos datos y a diversas escalas. Aguas juveniles. Manantiales minero-medicinales.

## 4.ª PARTE

Acuíferos en contacto con el mar. Salinización. Desalación de aguas marinas y salobres. Plantas potabilizadoras. Contaminación de aguas subterráneas.

Para la inscripción en dicho Curso dirigirse al IGME, División de Aguas Subterráneas, Ríos Rosas, 23, Madrid-3.

## QUINTO CURSO DE HIDROGEOLOGIA PARA POSTGRADUADOS «NOEL LLOPIS»

Organizado por el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid, Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas e Instituto de Geología Económica del C. S. I. C., se desarrollará el Quinto Curso de Hidrogeología para Postgraduados «Noel Llopis», cuyo comienzo y finalización están previstos para los próximos 18 de enero y 25 de junio, respectivamente.

A lo largo del curso las enseñanzas teórico-prácticas versarán sobre los temas siguientes:

Hidráulica aplicada, métodos estadísticos en hidrología, métodos geológicos en hidrogeología, meteorología, hidrología de superficie, isótopos radioactivos en hidrología, química hidrológica, análisis de aguas, bacteriología y virología del agua, tratamiento y depuración del agua, aguas subterráneas, hidrogeología estructural, hidrogeología litológica, hidrogeología kárstica, hidrogeología climática: balances, cartografía hidrogeológica, hidrogeología de España: problemas regionales, prospección geofísica, técnicas de perforación, sondeos de investigación, hidráulica de pozos, usos y abastecimientos de aguas, hidrología agrícola, métodos analíticos en hidrología, recursos hidrológicos.

## GEOLOGOS ALEMANES EN SUDAMERICA

En Münster se ha celebrado el segundo coloquio de geólogos alemanes que trabajan en Sudamérica, organizado por la Comunidad Alemana de Investigación Científica.

El programa del coloquio de Münster abarcó un inventario sistemático de las investigaciones geológicas que actualmente se realizan en Sudamérica. En 23 ponencias se informó sobre la geología regional, la tectónica, el vulcanismo y los yacimientos de minerales de dicho subcontinente. Sobre todo llamaron la atención los nuevos descubrimientos sobre el desplazamiento continental. Una bibliografía presentada con ocasión del coloquio, contiene más de 400 trabajos geográficos sobre Sudamérica, publicados por científicos alemanes desde 1960.

Los científicos acordaron llevar a cabo una mayor coordinación de los trabajos alemanes en Sudamérica, tanto por lo que se refiere al «escudo brasileño», como a diversos tra-

mos de los Andes. Estrechar las relaciones científicas que existen desde hace ya tiempo entre geólogos alemanes y latinoamericanos, e intensificar la labor de los científicos alemanes en América Latina.

## SIMPOSIO SOBRE ENERGIA GEOTERMICA

Del 22 de septiembre al 1.º de octubre de 1970, se celebró en Pisa, patrocinado por las «Naciones Unidas», un simposio sobre «desarrollo y utilización de los recursos geotérmicos».

Se presentaron una serie de comunicaciones agrupadas en las secciones siguientes: Estado del desarrollo geotérmico. Sistemas geotérmicos. La geología de los campos geotérmicos como una guía de su explotación. Técnicas geofísicas en la exploración geotérmica, Geoquímica aplicada al descubrimiento, evaluación y explotación de los recursos de energía geotérmica. Tecnología de sondeos. Administración de los depósitos físicos y su explotación. Captación y transmisión de fluidos geotérmicos, utilización del vapor y agua con entalpía alta. Utilización de agua con entalpía baja para caldeo. La economía de las plantas geotérmicas.

Con este motivo se enseñó a los participantes la central geotérmica de Larderello, y se destacó que las instalaciones mundiales en funcionamiento son las siguientes: Italia, 400 Mw.; EE. UU., 200 Mw.; Nueva Zelanda, 192 Mw., y México, 75 Mw.

Hubo una sesión destinada a la exposición por cada país subdesarrollado en este campo, de sus posibilidades geotérmicas. El informe del Ministerio de Industria de España, lo expuso el ingeniero de minas, Dr. López de Azcona, donde consideró: A) la producción actual de energía eléctrica, su mercado y sus posibilidades de ampliación; B) la posibilidad de energía geotérmica tanto en las Islas Canarias como en la Península.

## COMISION DE HISTORIA DE LAS CIENCIAS GEOLOGICAS

Del 14 al 20 de septiembre, se celebró en Freiberg (R. D. A.) la reunión de la Comisión de Historia de las Ciencias Geológicas, con el tema «La historia del concepto de criaderos minerales», en la cual participaron destacados especialistas en criaderos minerales.

En el Consejo Directivo, del que forma parte el Dr. López de Azcona, en representación de los países de Europa Occidental, dio cuenta de la oferta oficial de España para celebrar la sesión plenaria de 1974 en julio en Madrid, con ocasión de los actos del 125 aniversario de la creación del Instituto Geológico y Minero. Se aceptó por unanimidad dicha propuesta y se fijó como tema de la misma «Historia de la enseñanza de la Minería y la Geología». Se consideró oportuno fijar como límite cercano de esta historia el paso del siglo XIX al XX.

## CURSO-SEMINARIO SOBRE ESPAÑA Y EL DESARROLLO E INTEGRACION LATINOAMERICANOS

El pasado día 2 de noviembre se inauguró en Madrid un «Curso-Seminario sobre España y el Desarrollo e Integración Latinoamericanos», que organizado por el Grupo Iberoamericano de Trabajo del Instituto de Cultura Hispánica, planteó a lo largo de todo el mes los temas de la reactivación del comercio, las relaciones financieras y las de cooperación entre España e Iberoamérica.

El Curso se desarrolló con arreglo al siguiente temario:

I. Función de la cooperación en el desarrollo e integración latinoamericanas. Nuevas corrientes de la acción multinacional.

I.1. Cooperación financiera.

I.2. Cooperación en el sector industrial.

I.3. Cooperación en formación técnica. (Nivel superior).

I.4. Cooperación empresarial: Empresas multinacionales, excluidas las asistentes. Legislación.

II. Situación y perspectivas del MCCA, ALAC y Grupo andino.

II.1. Descripción actual de los acuerdos regionales.

II.2. Proyección arancelaria dentro del área y posibles beneficios de las Empresas mixtas

III. Nuevas ideas y programas del B. I. D. para atraer recursos al área.

III.1. Fuentes de financiación del B. I. D.

III.2. Evolución histórica de las financiaciones realizadas por el B. I. D.

III.3. Programa de actuaciones del B. I. D. en el próximo quinquenio.

III.4. Posibilidades de las Empresas españolas de tener acceso a los recursos del B. I. D.

IV. Orientaciones comerciales en los países latinoamericanos. Su reflejo en la política comercial con España.

IV.1. Situación actual de los medios de pago de los países y perspectivas inmediatas.

IV.2. Estado actual del comercio de materias primas y su posible liberalización.

IV.3. Obstáculos al incremento comercial de España con el área, vistos desde Latinoamérica.

IV.4. Problemas de las nacionalizaciones y su posible solución frente a los países inversores.

V. El consenso de Viña del Mar, su proyección interamericana en la Comisión Especial del Cies y posición latinoamericana frente a los problemas del desarrollo.

V.1. Exposición general del tema, con especial análisis comparativo de la posición frente al desarrollo de los países latinoamericanos y España.

V.2. La OEA, y la integración de América latina.

VI. Aspectos comerciales de las relaciones entre Latinoamérica, vistos desde aquí.

VI.1. El nivel de intercambios.

VI.2. Obstáculos e incentivos al comercio entre Latinoamérica y España; normas legales, aspectos financieros, complementariedad de producciones.

VI.3. Posibilidades de incremento de las relaciones comerciales entre Latinoamérica y España.

El Director del Grupo de Trabajo Iberoamericano, don Enrique Suárez de Puga, nos ha confirmado que en este caso, la intención del Curso es la de poner de manifiesto a través de Ponentes, tanto americanos como españoles, la inevitable realidad de que España necesita reactivar sus relaciones económicas con Iberoamérica si quiere encontrar un campo de expansión de su economía en desarrollo.

Hasta el momento hay un gran número de Empresas españolas que se han inscrito en el Curso-Seminario, y se espera que a lo largo del mismo y en sus 40 sesiones de trabajo, haya lugar para discutir detenidamente la enunciación de una nueva política de expansión de relaciones económicas, financieras y de cooperación entre España e Iberoamérica.

## GEOLOGIA DEL PETROLEO

## EL PETROLEO DE LAS PLATAFORMAS CONTINENTALES

Las empresas petroleras estiman que bajo las plataformas continentales existen cerca de 86.000 millones de barriles de petróleo y 100<sup>12</sup> pies cúbicos de gas natural. Las plataformas se extienden hasta unas 40 millas de la costa y llegan a una profundidad de 650. pies. Más allá, los lechos de alta mar ocultan riquezas incalculables. Hasta ahora, sin embargo, no ha sido desarrollada una tecnología adecuada para perforaciones en aguas profundas, de donde actualmente se extrae muy poco petróleo.

Los petroleros señalan el hecho de que el consumo mundial de petróleo en 1968 fue inferior a 32 millones de barriles y 750<sup>12</sup> pies cúbicos de gas natural. «Estas cantidades representan respectivamente 110 por 100 y 75 por 100 de las reservas mundiales conocidas», según indica Lewis Weeks, ex-geólogo jefe de la Standard Oil Co. de New Jersey. «Como dentro de 20 años el consumo de petróleo y gas natural se cuadruplicará, la industria petrolera tendrá que hallar varias veces los 500.000 barriles de petróleo para reemplazar al consumido y mantener una reserva adecuada».

El océano es un fuente evidente. Los yacimientos a poca distancia de la costa ya dan el 17 por 100 de la producción mundial total. Según estima el Sr. Weeks, para 1978 estos yacimientos surtirán una tercera parte de los requisitos mundiales, o sea, 23 millones de barriles diarios.

Actualmente han sido perforados entre 9.000 y 10.000 pozos bajo las aguas del mar, algunos hasta a 70 millas de la costa, y a profundidades del agua hasta de 300 pies. 23 países ya están produciendo o producirán próximamente petróleo y gas extraídos del fondo del mar.

## PROSPECCION DE PETROLEO EN CHILE

Ha comenzado la exploración en busca de petróleo de la plataforma continental oceánica de Chile, abarcando una superficie de cerca de 340 kilómetros cuadrados. La exploración geofísica aérea se ha concentrado en las zonas de Chanco y Arauco en la costa central chilena, cuyas condiciones parecen indicar la presencia de petróleo. El Gobierno ha asignado la suma de 857.500 dólares para esta exploración, mientras el programa de desarrollo de las Naciones Unidas contribuye con 189.400 dólares. Las Naciones Unidas ya han adjudicado un contrato por valor de 150.000 dólares a la Aero Service Cor. de Estados Unidos, que determinará las primeras zonas a ser exploradas.

Los pozos locales abastecen la mitad de las necesidades de Chile en petróleo. Debido, sin embargo, a una creciente demanda con una baja en la producción, el Gobierno teme que aumenten los gastos en divisas extranjeras para la importación de petróleo crudo. A demás de la exploración en la plataforma continental, la Empresa Nacional del Petróleo está llevando a cabo cateos similares en tierra, en la región del Estrecho de Magallanes.

## COSMOLOGIA

### INVESTIGACIONES DE «CRATERIZACION»

La depresión circular de más de 20 kilómetros de diámetro, en cuyo centro se halla la ciudad de Nördlingen, es, con toda probabilidad, un gigantesco cráter meteorítico, y posiblemente uno de los mayores de la tierra. Estos cráteres demuestran, a juicio de muchos geólogos, que la tierra está cubierta de impactos de proyectiles espaciales, de la misma manera que Marte y la Luna.

Casi todos estos cráteres de gran tamaño tienen varios e incluso muchos millones de años. En tan largo espacio de tiempo, el material de los meteoritos —que puede también haberse fundido o convertido en polvo al incidir sobre la superficie terrestre—, hace ya tiempo que ha sido meteorizado o, si era de hierro, oxidado.

Son cada vez mayores los indicios «indirectos» del origen meteorítico de tales cráteres, sobre todo desde que se ha traído a la tierra material procedente de los cráteres lunares. Dicho material revela detalles que cabe calificar de característicos de los efectos «meteoríticos» sobre las rocas de la tierra: una fuerte demolición mecánica y efectos de las ondas de choque, que a temperaturas altas y a una presión que puede llegar a un millón de atmósferas o más, son susceptibles de dar lugar a la destrucción de la estructura de todos los minerales e incluso a su fusión. Estos minerales y rocas sometidos a los efectos de las ondas de choque parece que sólo se producen en los impactos meteoríticos.

Hasta que se observe directamente el impacto de un meteorito gigante o se halle un cráter muy reciente, con material meteorítico no podrán obtenerse pruebas concluyen-

tes de la «craterización» más que estudiando con todo detalle los cráteres existentes.

El Nördlinger Ries, surgido hace unos 20 millones de años, es el único gran cráter terrestre lleno todavía de la masa que al producirse el impacto del meteorito fue proyectada en alto para volver a caer en parte al cráter. Por ello cabe suponer que debajo de este material de expulsión se ha conservado la estructura originaria del cráter, lo que permitirá reconstruir el proceso de gestación del mismo. Se ha comprobado en los últimos meses que determinadas rocas del Ries son casi idénticas a las de la superficie de la Luna. Estas rocas de la superficie lunar o masas de escombros del «regolito», que proceden probablemente de impactos meteoríticos, contienen al igual que la «suevita» del Ries, un 20 por 100 de minerales totalmente triturados del subsuelo. Estudiar el Ries significa, pues, tanto como estudiar los cráteres lunares.

Se ha decidido poner en marcha un gran proyecto de investigación. Mediante un sondeo de 2 ó 3 kilómetros en el interior del Ries o varios de menor profundidad para llegar a un conocimiento exacto de las rocas y de la estructura del cráter.

## ECONOMIA

### PRODUCCION CHILENA DE COBRE

La Sociedad Minera «El Teniente de Chile», en que la Kennecott participa con 49 por 100, ha convenido en vender a la compañía japonesa Mitsui 100.000 toneladas de cobre en el curso de ocho años, representando una valor de 250 millones de dólares.

En 1969, Chile produjo 756.000 toneladas de cobre, siendo 595.300 toneladas extraídas de minas grandes. La producción de 1968 había llegado a 576.000 toneladas. El Presidente Frei declaró durante una reunión de 250 propietarios de minas pequeñas y medianas, que su producción de cobre negro tipo «blister» debía aumentar de 60.000 a 100.000 toneladas anuales. Observó que la capacidad de la refinera electrolítica del Estado sería aumentada a 112.000 toneladas por año, a un costo de 85 millones de dólares. Entretanto, la explotación inicial a cielo abierto de la nueva mina Exótica (75 por 100 de Anaconda), ha sido mayormente completada, con una existencia de más de un millón de toneladas de mineral. Se espera que la operación comenzará a mediados de este año 1970, a razón de 225 millones de libras.

### PLANTA DE ESFERAS DE MANGANESO EN BRASIL

La primera planta para fabricación de esferas de manganeso del mundo será construida en Santana, Territorio de Amapá, valuada en 15 millones de dólares, ha sido financiada en parte por el Banco de Exportación e Importación y por el Banco Chase Manhattan. La puesta en marcha está prevista para el año 1972.

## NUEVO OLEODUCTO TRANSPANAMEÑO

La República de Panamá ha firmado contrato para la financiación, suministro y explotación de un gasoducto a través de la República, a un costo de 80 millones de dólares.

El oleoducto tendrá una capacidad diaria de 700.000 galones, y enlazará al Golfo de San Blas con la isla Chepillo, en la costa del Pacífico. En ambos extremos del oleoducto habrá terminales de tanques con capacidad para 1,75 millones de barriles.

Los ingresos del oleoducto dependerán del transporte de petróleo crudo desde Alaska y la costa del Pacífico de Sudamérica a la del Atlántico, y especialmente la zona Este de Estados Unidos.

## ENERGIA

### EL SECTOR DE LA HULLA Y LA ADMINISTRACION

El Ministro de Industria ha comentado las medidas del Gobierno relacionadas con el sector del carbón. Insistió en la preocupación especial con que la Administración ve desde hace tiempo la evolución de esta industria energética. La mejor prueba de ello son la serie de subvenciones y créditos que se le vienen proporcionando.

El problema de la minería del carbón afecta a gran parte del mundo occidental, debido a una disminución rápida de la demanda a partir del desarrollo de otras fuentes de energía.

El buen rendimiento productivo exige unas fuertes inversiones técnicas que, en general, no han sido llevadas a cabo con la suficiente oportunidad.

En 1960 había en España 187 empresas, y en la actualidad han quedado reducidas a 40, de las cuales «Hunosa» supone la mitad de la producción.

La índole del trabajo provoca continuos desórdenes y reiterada necesidad de salarios altos, lo que agrava el costo de la explotación. El sector ocupa a 42.000 trabajadores, de los que el 68 por 100 pertenecen a «Hunosa».

La hulla es indispensable para el proceso siderúrgico, y esto hace que se hayan incrementado las importaciones hasta alcanzar en 1969 los 2,2 millones de toneladas, procedentes en su mayoría de los Estados Unidos.

A partir de 1964 la acción del Estado para subvenir la industria del carbón ha supuesto un esfuerzo financiero reflejado en un total de 4.715 millones de pesetas, a fines de 1969, a fondo perdido, además de 1.740 millones como crédito oficial. Además se soportan actualmente un 76 por 100 de las pérdidas de «Hunosa» y otras explotaciones menores. La ayuda estatal, entre subvenciones y pérdidas, equivale a unas 395 pesetas por tonelada producida.

### EXPLORACION DE UN YACIMIENTO GASIFERO EN ECUADOR

Las primeras pruebas de perforaciones realizadas por un consorcio han dado resultados «muy alentadores», lo que

quizá significa que se ha descubierto un importante yacimiento gasífero en el Ecuador. El consorcio cuenta con ocho miembros, bajo la dirección de Ada Oil Co, de Houston, Tejas, Estados Unidos. Las perforaciones se están continuando en el golfo de Guayaquil. Todavía no se ha evaluado el volumen del gas ni su naturaleza, pero según los geólogos del consorcio se trataría de un descubrimiento de grandes proporciones.

Las concesiones obtenidas por el consorcio abarcan unos 2,6 millones de acres en el golfo. El primer pozo, situado a 25 millas de la costa y a una profundidad del agua de 125 pies, ya representa una inversión de cuatro millones de dólares. Si el gas existe en cantidades comerciales y es de buena calidad, su explotación requeriría enormes inversiones adicionales de capital para su entrega a los mercados del mundo. En la región no hay tuberías u otras instalaciones para elaborar el gas natural. Se calcula que la licuación del gas necesitaría la construcción de plantas en la costa, con un gasto de 400 millones de dólares. También se necesitarían sin duda buques cisterna para el despacho a los clientes.

### NUEVOS ASPECTOS DE LA FUSION NUCLEAR

Las prospecciones geológicas realizadas hasta la fecha han llevado a la conclusión de que en los yacimientos del mundo existen cantidades suficientes de uranio. No obstante, científicos y técnicos siguen empeñados en lograr la fusión controlada de los núcleos de deuterio y tritio. Como materia prima para la fusión nuclear puede utilizarse el agua del mar, que alcanza un volumen aproximado de 2.000 millones de kilómetros cúbicos. 30 litros de agua contienen aproximadamente un gramo de deuterio. La fusión de los núcleos atómicos contenidos en ese gramo liberarían una energía del orden de 25.000 kilovatios/hora. Como el precio de un gramo de deuterio en forma de agua pesada oscila hoy entre 100 y 200 céntimos de marco, los costos de combustible por kilovatio/hora se limitarían en un reactor de fusión a unas milésimas de centímetro de marco solamente, mientras que en el caso de la fisión nuclear oscilan entre 0,3 y 1 céntimo, y en el caso de los combustibles fósiles entre 0,8 y 1,5.

Las ventajas de un reactor termonuclear son gran abundancia de la materia prima, bajos costos de generación de la energía, considerable seguridad de funcionamiento y cantidad de combustible muy reducida.

Si se consigue demostrar con seguridad la posibilidad técnica y la rentabilidad del reactor de fusión, tal como hoy se cree, podría comenzarse hacia 1990 la construcción de grandes centrales termonucleares. Los desembolsos que habrá que hacer hasta entonces serán probablemente del orden de 1.000 millones de dólares.

### GEOLOGIA SUBMARINA

#### MENAS SUBMARINAS

Es común la evaporación solar del agua marina para obtener sal, cloruro de potasio, oxicluro de magnesio, etc.

También puede obtenerse magnesio metálico por precipitación con carbonato de calcio y elaboración electrolítica.

También es posible extraer económicamente en gran escala el cloro y el bromo del agua de mar.

Combinando una instalación desalinadora con una planta elaboradora de productos químicos podría obtenerse, además de agua dulce, boro, aluminio, litio y flúor.

En algunas secciones del Mar Rojo, hay depósitos barrosos y salmueras hidrotérmicas metalíferas, que según se cree contienen concentraciones de  $10^3$  y  $5 \cdot 10^4$  de las comunes en agua de mar. Se estima que los barros del océano Índico contienen 2,9 millones de toneladas de cinc y 1,1 millones de toneladas de cobre.

Un mineral que ha atraído un interés considerable es el manganeso en nódulos. Se trata de precipitados redondos e irregulares encontrados en el piso del océano, y no enterados. Su tamaño varía de menos de un centímetro a más de veinte. En el Océano Pacífico debe haber más de 1.000 millones de toneladas de estos nódulos, lo que justifica el gran interés en extraerlos. Las reservas terrestres conocidas de manganeso comercial se calculan en 1.000 millones de toneladas, concentradas mayormente en Sudáfrica y la Unión Soviética. Contienen de 8 a 41 por 100 de manganeso y cantidades apreciables de níquel, cobre, cobalto y óxido de hierro.

Estos nódulos se están formando por precipitación química a un ritmo igual o mayor al consumo mundial de estos metales.

Para satisfacer la mitad de la demanda por cobalto, sólo necesitaría extraer algo más de 100 millas cuadradas por año. Toda la demanda por níquel podría ser satisfecha con una superficie de 1.500 millas cuadradas por año.

El método más probablemente empleado para recoger los nódulos es la aspiración desde el fondo del mar.

Si los esfuerzos tienen éxito, se demostrará la posibilidad de extraer metales del océano fuera de la plataforma continental. Los métodos de perforar a mayor profundidad que esta plataforma representan problemas tecnológicos formidables. Las técnicas basadas en tierra o para la plataforma continental no son aplicables a grandes profundidades.

## MINERÍA

### EN IRAN SE DESCUBRIERON FORMACIONES DE COBRE

En la región Sar Cheshmah de Irán fueron descubiertos yacimientos cupríferos que se calculan en 300 millones de toneladas. Las perforaciones indican que algunas capas están a 150 metros de profundidad, mientras otras se hallan próximas a la superficie. El Consolidated African Selection Trust Ltd. ha formulado planes para invertir 230 millones de dólares en un proyecto de minería para extraer 30.000 toneladas por día. Los depósitos fueron descubiertos por el Instituto Geológico Iraniano, con ayuda de fondos concedidos por el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas.

### YACIMIENTO DE URANIO EN AUSTRALIA

A 220 kilómetros de Darwin, en Narbarlek, zona semi-desértica del norte de Australia, se ha descubierto un yacimiento de uranio que es, al parecer, el más rico del mundo. Sus reservas se estiman en más de 50.000 toneladas de uranio, con un contenido medio de unos 250 gramos de uranio puro por tonelada (siendo lo normal entre 1,1 y 1,6 gramos por tonelada).

El yacimiento contiene tres veces más uranio que el total las reservas australianas de este metal, y ha supuesto un aumento de un 3,5 por 100 en las reservas mundiales hasta ahora descubiertas.

Se espera que este descubrimiento haga que el Gobierno australiano revise su política encaminada a restringir la exportación de uranio.

## METALURGIA

### OBTENCION DE COBRE A PARTIR DE MINERALES DE LEY BAJA

El Instituto de Yacimientos y Materias Primas de Berlín está estudiando el problema de la clasificación geológica de la mineralización de los yacimientos de minerales de cobre óxido y silicato. Como objeto en el que centrar las investigaciones se escogieron los yacimientos de cobre del Norte de Chile (provincias de Antofagasta y Atacama), de los cuales se extraen minerales de diferente origen geológico. La finalidad del estudio mineralógico es la redacción de normas generales para la localización de yacimientos y la delimitación geológica de las áreas explotables.

El Instituto de Metalurgia se dedica a estudiar nuevos procedimientos para la obtención de cobre a partir de minerales óxidos de baja ley, que ofrecen posibilidades de aprovechamiento más intenso de su contenido en cobre. De lo que se trata en concreto es de sustituir en la obtención del cobre por un nuevo procedimiento, el antiguo de segregación con su cortejo de dificultades técnicas. Este proceso se desarrolla con arreglo a un mecanismo químico sumamente complicado y no explicado aún del todo. A partir de una mezcla de mineral, sal común y carbón se volatiliza a una temperatura de 600 a 800 grados centígrados el cobre en forma de compuesto de cloro, el cual vuelve a disociarse del carbono que se le ha añadido. A lo largo de este proceso, el cobre metal se separa del carbón y puede así obtenerse a través de una fase que hasta la fecha no ha satisfecho todavía a nadie.

En este sentido se pretende estudiar hasta qué punto cabe realizar por separado en un proceso de dos fases la volatilización y la separación subsiguiente del cobre metal así obtenido. De esta manera se conseguiría la aproximación a un proceso técnico que permitiría un enriquecimiento rentable del cobre.

### AUMENTA EN 8 POR 100 LA PRODUCCION DE ACERO

Las acerías del mundo produjeron durante el año 1969 un total de 627 millones de toneladas de acero. Esto representa un aumento de 8 por 100 en comparación con los 580,7 millones de toneladas producidas en 1968. Los principales productores de acero fueron: Estados Unidos (141 millones); Unión Soviética (121 millones), Japón (88,9), Alemania Occidental (50,2) y Reino Unido (29,7). El mayor incremento correspondió al Japón con 15,2 millones más o un aumento de 20,6 por 100. En comparación, Alemania Occidental tuvo un aumento de 10,7 por 100, Estados Unidos 7,3 por 100 y Rusia 3 por 100. Francia también aumentó su producción de 22,5 a 24,6 millones, pero en Italia bajó de 18,7 a 18,3. Se cree que la China Continental produjo un millón de toneladas más que los 15 millones de 1968. Bélgica aumentó de 12,7 a 14,1 millones, pero en el Canadá la producción bajó de 11 millones en 1968 a 10,5 millones en 1969.

### GIGANTESCA PLANTA DE ALUMINA EN LA URSS

Una nueva planta de alúmina elabora nefelita en vez de mineral de bauxita como fuente de aluminio. Situada en Achinsk (URSS) sobre el Ferrocarril Transiberiano, la planta tiene una capacidad de 800.000 toneladas. La nefelita se extrae en Bedogorsk, a 170 kilómetros al Sudoeste de Achinsk. El contenido en aluminio es inferior al de la bauxita, pero la nefelita es, no obstante, un mineral económico que rinde otros subproductos valiosos, como cemento, soda y potasa.

La Bauxita no abunda en la Unión Soviética, lo que justifica la explotación de recursos naturales, aunque sean de baja ley. En los Montes Urales existen yacimientos, pero el transporte del mineral a Siberia sería sumamente costoso. En Siberia se dispone de energía hidroeléctrica barata para las plantas de reducción de aluminio.

### PROCESO BRITANICO PARA DESECHOS DE ALUMINIO

En Inglaterra se ha instalado una planta para el secado de desechos aluminicos por el proceso Intal, capaz de transformar 2.000 kilogramos de viruta de aluminio en metal utilizable, por hora. La planta, se halla ubicada en Sheffield, Alabama, Estados Unidos. El proceso Intal permite eliminar el aceite y el agua contenidos en los desechos sin producción de vapores y humos nocivos. El proceso también aprovecha el aceite para proporcionar el calor necesario para secar. El secado se hace en una atmósfera reductora controlada por un sistema que compensa automáticamente las variaciones en el régimen de alimentación y en el contenido de aceite y agua. Además de los equipos secadores y refrigeradores, la planta dispone de accesorios magnéticos para extraer los trozos de acero en las virutas secas.

### PLANTA DE ACERO INOXIDABLE

El Banco Español de Crédito se ha asociado con dos firmas japonesas, Nissho Iwai y Nisshin Steel Corp, para construir una planta de acero inoxidable en España, situada cerca de Gibraltar. Los japoneses contribuirán con 35 por 100 de la inversión total de 8,5 millones de dólares, mientras el Banco suministrará el saldo. La nueva acería, designada Acerinox, será inaugurada en 1972. Su producción mensual será de 2.500 toneladas a base de rojos laminados importados por la Nisshin.

## NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

### NUEVAS INVESTIGACIONES SOBRE LA ESTRUCTURA QUIMICA DEL AMBAR

La resina se convierte paulatinamente en colofonia, que contiene sobre todo ácido abietínico, sustancia que equivale casi el 75 por 100 de la resina. El ácido abietínico se transforma sin dificultades en su primera fase —bien a través de periodos geológicos largos o de una manera mucho más rápida merced a la influencia de los rayos ultravioleta— en su «dímero», es decir, en una molécula el doble de grande, conocida con el nombre de «ácido diabético». Parecía improbable que tras un proceso de envejecimiento que ha durado docenas de millones de años contuviese todavía hoy el ámbar, ácido abietínico. Si se extraen de estos ámbares los productos pardos de una oxidación ulterior, no queda más que una masa incolora muy semejante al producto sintético, con el que coincide en las propiedades físicas más importantes, como, por ejemplo, el espectro infrarrojo y la capacidad específica de refracción.

La reacción más importante en la naturaleza consiste probablemente en la influencia de la luz y del agua sobre el ácido diabético. En el Terciario, era geológica que en nuestras latitudes se caracterizó por clima más cálido, abundaba la luz solar, no escaseando tampoco el agua en los suelos donde se depositaba la resina fósil. Este agua se acumula en una parte de la molécula del ácido modificada por la influencia de la luz. Así se forman nuevos compuestos denominados «ésteres». Como la esterificación une las moléculas entre sí, se producen largas cadenas de moléculas denominadas «poliésteres», los cuales constituyen la base del ámbar normal. Su estructura básica se transforma por oxidación en épocas geopolíticas y a causa de sus cambios constantes de posición y de lugar, en el curso de los cuales queda expuesto a la influencia de la luz solar y de los rayos ultravioletas, que aceleran las reacciones químicas, la influencia del agua del mar y de un medio abundante en oxígeno (el aire o aguas superficiales con mayor contenido en oxígeno).

Ambares poco antiguos, como la guedanita, suministran a este respecto principalmente ácido fórmico. En el caso de la guedanita se trata de restos de formaciones primarias de ámbar procedentes del fondo del Báltico. La mayor parte del ámbar báltico se halla ya tan oxidado que puede obtenerse de él por destilación el conocido ácido succínico (con

porciones muy escasas de ácido fórmico). Esta oxidación es la responsable de la coloración amarilla del ámbar.

## PETROQUIMICA

### PLAN PETROQUIMICO EN ALEMANIA ORIENTAL

Las industrias de elaboración química recibirán un impulso grande con un nuevo plan económico que ha sido aprobado para el año entrante, según informa el Gobierno de Alemania Oriental. Durante los últimos ocho años, el crecimiento anual de la industria ha promediado entre 6 y 8 por 100, o sea, menos del doble del promedio para las otras industrias. Entre los métodos de expansión propuestos, se citan una mayor automatización centralización de los medios, programas de entrenamiento para aumentar la pericia técnica de los empleados, y una investigación más intensa. El plan significa que los grandes centros petroquímicos en Schwedt, Leuna y Buna serán ampliados.

El complejo en Schwedt, por ejemplo, ha asimilado un número de plantas más pequeñas, agregando 30.000 nuevos empleados a su plantel original de 6.000. Se han construido allí grandes instalaciones de investigación con un sistema avanzado de computadora. Se proyecta agregar una planta de dimetil teraftalato a un complejo que incluye una refinería, plantas de amoníaco, de ácido nítrico, de sulfato amónico y de acrilonitrilo.

### PLANTA PETROQUIMICA EN ARGENTINA

La Dow Chemical Co. anunció recientemente que sigue adelante con la construcción de un complejo petroquímico valuado en 98 millones de dólares, que se levantará en Bahía Blanca, provincia de Bueno Aires. En la nueva empresa participarán con aproximadamente 30 por 100 el ente estatal argentino Fabricaciones Militares y la Compañía Naviera Pérez Companc.

El proyecto corresponde a la construcción del mayor complejo petroquímico en Sudamérica. Comenzando con la extracción de etano del gas natural y de la sal procedente de depósitos cercanos, la Dow aplicará su tecnología para obtener una serie de intermedios químicos no fabricados actualmente en el país. Partiendo del etileno básico y de cloro-cáustico, la nueva compañía producirá óxidos de etileno y propileno con sus glicoles, polietileno de densidad alta, monómetro de cloruro vinílico y diversos disolventes clorados.

## VARIOS

### APROVECHAMIENTO DE DESPERDICIOS LIQUIDOS

Un nuevo negocio para quien disponga de capital sería la instalación de plantas para el tratamiento de desperdicios

líquidos industriales. Si usted se halla en una zona muy afectada con la contaminación, podría sacar buenas ganancias. Esto es lo que está haciendo la firma Rollins-Purle, Inc. que cuenta obtener un buen rendimiento con su inversión. Ya ha hecho una instalación de esta clase a orillas del arroyo Raccoon Creek, en el Sudoeste del Estado de New Jersey. Esta planta está valuada en dos millones de dólares, y es la primera de diez que comenzarán a construirse este año.

El tratamiento comprende tres técnicas: incineración, tratamiento biológico y tratamiento químico. El único subproducto utilizable es el material de terraplenado recuperado. Todos los líquidos residuales se reciben por camión. Después de analizados, los líquidos se vierten en lagunas con revestimiento de arcilla, si son ácidos o alcalinos; o en tanques de caucho o plástico si tienen mucho contenido en nitratos y fosfatos. La Rollins-Purle es un consorcio de tres empresas; la Rollins International Inc. y la International Hydro-nics Corp., de Estados Unidos; y la Purle Bros. Holding, Ltd., del Reino Unido.

### NUEVA VENTANA AL COSMOS

En el centro de investigaciones de Garching, a las puertas de Munich, se ha celebrado hace poco, en la Unión Astronómica Internacional un simposio de cinco días sobre nuevas técnicas de la astronomía espacial. 180 científicos de todo el mundo, acudieron al Instituto Max Planck de Física Extraterrestre para discutir los resultados y planes de la exploración del cosmos en nuevas zonas de radiaciones. Ello requiere como condición indispensable la utilización de satélites y cohetes de investigación, lo que supondrá la liberación de la astronomía clásica de la limitación de sus posibilidades de observación desde la Tierra. El resultado es una nueva modalidad científica: la astronomía espacial, de la que cabe decir que un día acabará absorbiendo a la astronomía clásica.

Las nuevas zonas de radiaciones son las ondas electromagnéticas más cortas, es decir, la luz ultravioleta y los rayos X y gamma. En la zona ultravioleta trabaja ya un gran satélite astronómico, que puede adaptarse a voluntad a cualquier objeto cósmico. Este satélite ha suministrado 150 espectrogramas que, posiblemente, no dejarán de influir sobre las ideas que actualmente tenemos acerca de la constitución y el origen del cosmos, permiten reconocer que las estrellas más jóvenes contienen una reserva mayor de elementos químicos pesados. Esto demuestra que tales elementos son sintetizados en el interior de los astros como consecuencia de la fusión de sus núcleos, para ser después expulsados en el espacio cósmico al hacer explosión los astros en cuestión. Los átomos de los que está compuesta la tierra y nosotros mismos tienen necesariamente que haber tenido este origen.

La observación de los rayos X y gamma va a poner en claro la procedencia de las radiaciones cósmicas. El espacio está cruzado por partículas de gran poder energético. Pero lo que se ignora es el lugar de donde proceden, ya que son desviadas por campos magnéticos cósmicos. La produc-

ción de tales partículas debiera estar combinada con la emisión de rayos gamma, los cuales no son desviados. Tanto la NASA norteamericana como la ESRO europea están construyendo actualmente dos grandes satélites, que podrán ser puestos en órbita en 1974. Estos satélites no llevan consigo más que instrumentos de registro de estas radiaciones de onda muy corta.

Una de las mayores dificultades de la astronomía espacial consiste en las elevadas exigencias que se formulan a los instrumentos de observación y medición, por ello, se tienen depositadas grandes esperanzas en la construcción de cohetes espaciales, que puedan despegar y aterrizar como los aviones. Estos cohetes portadores ofrecerán también la posibilidad de estacionar en el espacio, sin que los costes sean excesivos, grandes radiotelescopios y telescopios ópticos que se moverán en las órbitas de los satélites.

### LAGO SALVADO GRACIAS A PRODUCTOS QUIMICOS

Por medio de una técnica de control de sedimentos diseñada por la Dow Chemical Company, el Lago Needwood, embalse de 74 acres de superficie cerca de Washington, D. C., podrá disfrutar de ciento cincuenta años más de vida útil.

El lago, lugar muy concurrido por aficionados a la natación y la pesca, se vio amenazado por la tierra suelta y cieno que llegaban como consecuencia de lluvias caídas río arriba. Se calculaba que en menos de cincuenta años el lago se hubiera hecho demasiado fangoso para la pesca y la natación.

El control de sedimentos, a base de un tratamiento con agentes floculantes, empezó hace cuatro años, con el objetivo de inmovilizar la mayor cantidad posible de sedimento antes de su llegada al lago.

Los floculantes, que son productos que aceleran la sepa-

ración de líquidos y sólidos, inyectados en agua que contiene sólidos en partículas finas, atraen las partículas para formar masas de mayor volumen y peso. Estas masas caen al fondo del agua y se quitan posteriormente por dragado. Los floculantes son inofensivos tanto para las personas como para los peces.

El proceso de control en el caso concreto del Lago Needwood precisaba:

— La aceleración del proceso natural de sedimentación, por el cual el cieno y otros sólidos caen poco a poco al fondo del agua.

— Una zona río arriba que sirviera de pozo de sedimentación.

— El dragado para quitar el sedimento al llegar éste a un nivel determinado.

Los técnicos instalaron aparatos para medir automáticamente la profundidad y el caudal del río. Al llegar las mediciones a los niveles prefijados, funcionan unos dispositivos automáticos que inyectan los floculantes al agua. Por medio de otros instrumentos se recogen datos sobre la condición de la corriente y las aplicaciones de floculantes.

El pozo de sedimentación se excavó en la parte superior del mismo Lago Needwood.

Los resultados de este tratamiento con Purifloc, de la Compañía Dow, han sido altamente satisfactorios. A los doce meses de empezar, se conseguía un control del 90 % de los sólidos en el agua que entraba en el lago. La calidad del agua se controlaba durante un 86 % del tiempo, siendo el otro 14 % épocas de inundación. Las autoridades declararon el agua del lago para la natación, mientras que las aguas río arriba del punto de tratamiento se consideraban inseguras del punto de vista sanitario.

Según la Compañía Dow, esta técnica de tratamiento por agentes floculantes puede aplicarse rentablemente en muchos lagos y embalses que presentan condiciones parecidas a las del Lago Needwood.

## Estadística y Economía

### COTIZACIONES

Productos	Mercados y metales	Precios contado	
		11-11-70	4-11-70
Aluminio ... ..	Londres: Bruto 99 %, £ por Tm. ... ..	257,20	257,20
	París: Primera fusión, 99,50-99,60 %, francos los 100 kg. ... ..	337	337
Cinc ... ..	Londres: £ por Tm. ... ..	121,375	117,625
	París: Electro o refinado, 99,95 %, francos los 100 kg. ... ..	185	185
Cobre ... ..	Londres: Barras, £ por Tm. ... ..	460	458,50
	París: Primera fusión, barras 99 %, francos los 100 kg. ... ..	622	616
Estaño ... ..	Londres: £ por Tm. ... ..	1.509,50	1.514,50
	París: Refinado, francos los 100 kg. ... ..	20,59	20,71
Mercurio... ..	Londres: £ por frasco de 76 libras ... ..	148	148
Niquel... ..	Londres: 99 %, £ por Tm. ... ..	1.246,50	1.246,50
Plomo ... ..	Londres: £ por Tm ... ..	117,125	117,625
	París: Dulce, sin refinar, en barras, 99,9 %, francos los 100 kg. ... ..	162	162
Volframio ... ..	Londres: Chelines por Tl. ... ..	560	548,50



## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
215	14700	8-IX-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Cuenca, titulando la concesión de explotación minera que se cita.
222	15258	14-IX-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en los perímetros que se indican, comprendidos en las provincias de Córdoba y Badajoz.
224	15402	18-IX-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, otorgando los permisos de investigación que se citan.
229	15765	24-IX-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos y concesiones directas de explotación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en el perímetro que se indica comprendido en las provincias de Guadalajara y Madrid.
229	15766	24-IX-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, publicando la cancelación de los permisos de investigación que se citan.
237	16335	8-X-70	Ind.	Orden de 17 de septiembre de 1970, resolviendo el concurso para la adjudicación de la explotación de minerales de plomo y espato flúor de la reserva «La Estrella», a favor de la Sociedad «Minerales y Productos Derivados, S. A.».
242	16613	9-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Soria, cancelando los permisos de investigación que se citan.
246	16808	14-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Huelva, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
246	16808	14-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
247	16863	15-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de La Coruña, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
249	16952	17-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Alicante, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
249	16953	17-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Huelva, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
251	17063	20-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Sevilla, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
254	17246	28-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Castellón, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
256	17376	26-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
258	17500	28-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Ciudad Real, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
258	17500	28-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Valencia, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
261	17681	31-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de León, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
261	17681	31-X-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Oviedo, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
266	18011	6-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Avila, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Barcelona, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Ciudad Real, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Córdoba, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Guadalajara, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de León, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Lérica, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18076	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18077	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, otorgando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18077	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Palencia, cancelando los permisos de investigación minera que se citan.
267	18077	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Salamanca, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
267	18077	7-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Santander, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
269	18206	10-XI-70	Ind.	Resol. de la D. P. de Málaga, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
271	18379	12-XI-70	Ind.	Resol. de la D. G. de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación, de minerales radiactivos, en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Sevilla.

### HIDROCARBUROS

215	14759	8-IX-70	Ind.	Orden de 17 de julio de 1970, sobre la renuncia del Instituto Nacional de Industria y «Coparex Española, S. A.», a un permiso de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).
246	16806	14-IX-70	Ind.	Decreto de 2969/1970, de 20 de agosto, aprobando el contrato entre «CalSpain-Texpaon» y «Camps», por el que las dos primeras ceden a «Camps» sus participaciones en el permiso «Aldehuela» y se concede a «Camps» la segunda prórroga de dicho permiso.
246	16807	14-IX-70	Ind.	Decreto 2971/1970, de 22 de agosto, adjudicando a «Tenneco España, Inc.», nueve permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).
252	17118	21-X-70	Ind.	Decreto 3076/1970, de 22 de agosto, adjudicando diez permisos de investigación de hidrocarburos a la «Sociedad Tenneco España, INC» en la Zona I (Península).
252	17120	21-X-70	Ind.	Decreto 3077/1970, de 22 de agosto, aprobando la cesión de la «Compañía Española de Petróleos, Sociedad Anónima» y «Sociedad Exportadora de Petróleos Españoles, Sociedad Anónima» a Refinería de Petróleos de Escombreras, S. A. de un 33 y 1/3 por 100 en los permisos de investigación de hidrocarburos de Zona I (Península) Letur y nueve más.
266	18011	6-XI-70	Ind.	Orden de 22 de septiembre de 1970, aceptando la renuncia de la Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A. (ENPENSA), a un permiso de Investigación de Hidrocarburos en Zona I (Península).

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
269	18203	10-XI-70	Ind.	Decreto 3246/1970, de 22 de octubre, aprobando el contrato entre SEPE y APEX de cesión de participaciones en cuarenta y siete permisos de Investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).
VARIOS				
268	18140	9-XI-70	O. P.	Resol. de la D. G. de Puertos y Señales Marítimas, concediendo a «Unión Española de Explosivos, S. A.», la instalación de una tubería de evacuación de yeso en la zona marítimo-terrestre del término municipal de Huelva.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ: *Consideraciones sobre el trazado de los Hercínides en la zona septentrional de la Península Ibérica*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, págs. 36 a 38.

Considera el autor la importancia de las fallas horizontales o transcurrentes, incidentes en el golfo de Vizcaya, puedan tener para precisar la continuidad de los Hercínides del NO de España. La proposición se centra sobre las ideas esquematizadas en la figura que acompaña al texto. Admite que la falla que recorre la costa Cantábrica tiene importancia decisiva sobre ciertos pormenores estructurales de la zona costera continental.—L.

GARCÍA-DUEÑAS, F. NAVARRO VILÁ y P. RIVAS: *Estudio Geológico de Puerto-López (Granada, zona Subbética)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 3, mayo-junio de 1970, páginas 82 a 87.

Presenta varios aspectos interesantes la geología del sector de Puerto-López, situado al NW. de Granada. Han establecido los autores la sucesión estratigráfica, con términos comprendidos entre el Lías y el Senonense, y dataciones muchas veces precisas gracias a las faunas de ammonites. La estructura es relativamente violenta y destacan los pliegues vergentes al S. y las fallas inversas del mismo sentido. Por la naturaleza de la serie y por su posición en el Subbético medio, se ha llegado a la correlación de la serie establecida con otras series subbéticas, de la transversal de Granada.—L.

M. OROZCO: *Sobre la zona de contacto entre sierra Nevada y sierra de Gádor, comprendida entre Laujar de Andarax y Canjáyar (provincia de Almería)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, páginas 44 a 47.

Estudia un área situada al S. de sierra Nevada, en la que puede apreciarse el contacto entre el conjunto «Nevado Filábride» y los materiales del dominio «Alpujarride», pertenecientes a la sierra de Gádor.

Del estudio de la petrología y la estratigrafía de las rocas existentes en este área, así como de la cartografía geológica de la misma, deduce la existencia de tres unidades tectónicas superpuestas pertenecientes a los Alpujarrides.—L.

M. C. COMAS, V. GARCÍA-DUEÑAS, J. M. GONZÁLEZ-DONOSO y P. RIVAS: *Sobre el Jurásico del Mencil y su relación con otras series subbéticas de la transversal de Granada*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 3, mayo-junio de 1970, págs. 77 a 81.

Describen los autores los nuevos términos pertenecientes a la serie Jurásica el Mencil (Morrón de la Meseta), junto con otros de un corte próximo a Iznalloz (Granada). Según ellos, ambas series se correlacionan entre sí y con otras series que constituyen un umbral en la cuenca sedimentaria subbética.—L.

### PALEONTOLOGIA

JAIME BECH BORRÁS: *Nuevo hallazgo de "hippopotamus amphibius major" en Banyoles (Gerona)*, Acta Geológica

Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, páginas 51 a 53.

Da cuenta del hallazgo en noviembre de 1968 del *Hippopotamus amphibius major Boule*, en la cantera aneja a la fábrica de ladrillos de Ordís de Usall (Porqueres-Banyoles, Gerona), junto al kilómetro 16,2 de la carretera Banyoles-Olot, por Besalú.

Describe el nivel estratigráfico, limos amarillo-verdosos de la base de la terraza «alta» de 65 metros de travertino «antiguo» de Usall-Espolla.

Tal hallazgo permite precisar la edad de dicha terraza. Seguramente el nivel de *Hippopotamus* corresponde al Gunz-Mindel o principios del Mindel y los travertinos arenosos y compactos de la parte superior de la terraza al Mindel.—L.

D. E. BERG et M. CRUSAFONT: *Note sur quelques crocodiliens de l'Eocene Prepyrenäique*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, págs. 54 a 57.

Dan a conocer los autores, por primera vez, los restos de cocodrilidos hallados en el Eoceno catalán, con determinaciones no muy precisas por la fragmentariedad de los restos. Se cita la existencia segura de *Asiatosuchus*, la probable del *Diplocynodon*, y otro género afín a *Tomistoma* y un tipo análogo a *Pristichampsus* con dientes comprimidos. No se halló todavía en el Eoceno el género *Allognathosuchus* que los autores habían señalado del Wealdense de Galve (Teruel).—L.

PETER BALLMANN y HNO. RAFAEL ADROVER: *Yacimiento paleontológico de la cueva de Son Bauza (Mallorca)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, páginas 58 a 62.

Presentan los autores nuevos hallazgos paleontológicos en el yacimiento de la cueva de Son Bauza, en Establiments (Mallorca). Según ellos, ya se conocían las formas paleomastológicas de Mallorca, descritas por Bate como perteneciendo al Pleistoceno. En ésta se añade la novedad de dos murciélagos y de algunas aves que constituyen el objeto principal de la nota que reseñamos.—L.

S. CALZADA BADÍA: *Una turbera parálisis postwürmiense en Villanueva y Geltrú (Barcelona)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, págs. 48 a 50.

Describe el autor una turbera litoral y su evolución. Según su información es por el momento la cuarta localidad europea del foraminífero *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez).—L.

### MINERIA

JEAN FAURE: *Explosions nucléaires souterraines degas sur les reliefs naturels resultats du champ de tir saharien*. «Rapport Cea-R 4036», 27 p. 1970.

Las explosiones nucleares subterráneas, crean un seísmo localizado. Los relieves pueden ser alterados. Sobre el campo de tiro sahariano, una técnica de observación fina permite clasificar las diferentes morfologías y los tipos de arranques correspondientes. Un ejemplo preciso muestra la aplicación de este método para los análisis de los efectos de desprendimiento de un barreno sobre el relieve. Las leyes establecidas a partir de estas observaciones, enlazan la intensidad de los desprendimientos de los arranques con los parámetros característicos de la onda sísmica. Estos resultados interesan la seguridad de campos de tiro y los eventuales trabajos de ingeniería civil.—L.

### LABOREO DE MINAS

SERGE DERLICH: *Explosions nucléaires souterraines effets sur des ouvrages dans le granite*. CEA-R-4.014, 37 págs., 1970.

Este informe es una exposición de los resultados adquiridos después del estudio de las galerías sometidas a un tiro nuclear subterráneo en el granito del Taourit Tan Afella (Hoggar).

Según una breve recopilación de los conocimientos actuales sobre el equilibrio y la evolución de las cavidades y su estudio en laboratorios, un examen detallado de los fenómenos se está realizando para utilizar los resultados de las medidas y observaciones efectuadas en el medio ambiente de la explosión.

Se puede preveer que las galerías perforadas en la proximidad de una explosión nuclear, en una roca que tenga características idénticas a las de granito sahariano, serán destruidas hasta una distancia  $R = 52 W^{1/3}$  y resquebrajados hasta  $R = 110 W^{1/3}$  ( $R$  expresado en metros, y  $W$ , energía de la explosión, en kt).—L.

FRANCIS DELORT et FRANCIS SUPIOT: *Productivité des gisements d'hydrocarbures stimulés avec des explosions nucléaires*, CEA-R-3.968, 43 págs., 1970.

Las explosiones nucleares efectuadas sobre el campo de tiro del Hoggar han mostrado que los efectos geológicos pueden ser favorecidos por la estimulación de yacimientos de gas o de petróleo.

El estudio de la circulación permanente por la ecuación de Dupuit ha mostrado que la producción puede ser aumentada con un factor de 10 a 50 para las explosiones de energía elevada. Las explosiones simultáneas pueden tener un efecto de estímulo mucho más importante.—L.

FRANCIS DELORT: *Terrassements de genie civil et explosions nucleaires*, CEA-R-3.983, 54 págs., 1970.

Expone los efectos mecánicos de las explosiones nucleares formando parte de cráteres o de bancadas, con vista a su utilización para aplicaciones industriales. Para la construcción de canales se muestra que se puede calcular la separación de las cargas para utilizar una energía mínima total.

En los casos de las aplicaciones puntuales: puertos, canteras, presas, de potencias a lo más iguales a algunas decenas de kilotoneladas serán suficientes para realizar este trabajo de condiciones de medios difíciles.—L.

JEAN FAURÉ: *Explosions nucleaires souterraines étude des transformations mineralogiques resultats du champ de tir Saharien*, CEA-R-3.990, 40 págs., 1970.

La energía transmitida en la roca por una explosión nuclear subterránea induce a importantes transformaciones mineralógicas y elevadas temperaturas. Sobre el campo de tiro Sahariano, en sondeos donde la temperatura ha sido medida, se han suministrado muestras que tienen por objeto estudios profundos. Estos permitirán clasificar las transformaciones observadas y dar ciertas enseñanzas sobre la evolución térmica del medio.—L.

#### MINERALOGIA

JOSÉ M.<sup>a</sup> AMIGÓ: *Comportamiento térmico del nitro, KNO<sub>3</sub> (sal de piedra)*, Acta Geológica Hispánica, año V, número 2, marzo-abril de 1970, págs. 33 a 35.

El autor da una visión conjunto de las hipótesis que permiten seguir la evolución de los fenómenos térmicos que tienen lugar durante la transformación reversible  $\beta$ -KNO<sub>3</sub>  $\rightleftharpoons$   $\alpha$ -KNO<sub>3</sub>.—L.

JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Nota sobre la decrepitemetría de la celestina*, Acta Geológica Hispánica, año V, número 3, mayo-junio de 1970, págs. 70-71.

De las investigaciones decrepitemétricas llevadas a cabo con diversas muestras de celestina procedentes de la Plana de Vic (Barcelona), llega el autor a las siguientes conclusiones: a) Se reafirma que en la actualidad, el método no es aplicable para la determinación de las temperaturas de cristalización de la celestina. b) Permite poner de manifiesto la existencia de diversas fases de redisolución y de recristalización.—L.

M. MARTEL SAN GIL: *Nota preliminar sobre la estratigrafía de las facies de Fuencaliente (Cuenca-Valencia)*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 3, mayo-junio de 1970, 72 a 76.

Sintetizan en la comunicación las principales características del Neogeno continental (facies de Fuencaliente),

en los límites de las provincias de Cuenca y Valencia, al NW, de Villagordo del Cabriel, describiéndose su estratigrafía, petrología y tectónica. Se datan estos materiales como del Plioceno inferior, rectifica las edades que se les había atribuido anteriormente y presenta una abundante lista de especies fósiles clasificadas. Completa el estudio con un análisis de los materiales subyacentes y cubrientes y de sus relaciones con la facies citada.—L.

#### GEONUCLEONICA

JAN A. CZUBEN: *Possibilités d'interpretation des diagraphies de radiocarottage gamma naturel selectif*. «Rapport CEA-R 4061, 27 p., 1970.

Establece el autor la relación existente, en un medio homogéneo infinito, entre la ley de uranio  $q_u$  y los coeficientes de atenuación efectivas de la radiación gamma  $\mu_1^*$  y  $\mu_2^*$  para dos dominios energéticos dados ( $100 < E < 133$  KeV para  $\mu_1^*$  y  $300 < E < 700$  KeV para  $\mu_2^*$ ) y las intensidades gamma difusas  $I_1$  y  $I_2$  medios en estos mismos dominios.

Describe un procedimiento de interpretación manual, que permite con la ayuda de ábacos definidos por fundiciones conocidas, determinar para cada anomalía, un valor  $q_u$  y un potencial H de la capa mineralizada.

Muestra que este mismo resultado puede ser obtenido por otro método de cálculo adaptable a los ordenadores.—L.

ANDRÉ PACQUET: *Analcime et argiles diagenetiques dans les formations sedimentaires de la région d'Agades (République du Niger)*. «Rapport CEA-R 3921», 225 pp., 1970.

La intercalación continental del borde sedimentario occidental de l'Air la forman depósitos de analcima de varios millares de kilómetros cuadrados de extensión, donde la edad va del Permiano al Wealdense. Estas formaciones comprenden areniscas con cemento de analcima y de analcimolitas con textura generalmente glomerocelular. Este último corresponde a una cristalización de las analcima, posterior a su formación.

Las rocas de analcima contienen productos piroclásticos. Su origen lo más probablemente es el volcanismo asociado a la puesta en lugar de estructuras anulares pertenecientes a la región de Zinder y de Nigeria Septentrional.

La disolución de material volcánico vídrioso crea un confinamiento intersticial en sodio, generador de la analcima en los depósitos volcano-sedimentos.

En los niveles permeables de las formaciones de analcima se establecen ulteriores circulaciones de capas subterráneas, en el contacto de las cuales la analcima se altera en arcillas donde la naturaleza está en relación con la intensidad de la circulación y con el quimismo de las capas. Tres regímenes principales de capas han sido definidos: un régimen correspondiente a la neoformación de clo-

#### PETROLOGIA

MARIANO J. AGUILAR TOMÁS: *Algunas observaciones sobre el significado de los feldespatos en rocas detrítico-terrestres*, Acta Geológica Hispánica, año V, núm. 2, marzo-abril de 1970, págs. 39 a 43.

Analiza el significado de los distintos tipos de feldespato (potásicos y plagioclasas) en los sedimentos arenosos del Albense y Wealdense de la Cuenca Cantábrica y otras localidades, desde el punto de vista sedimentario, paleogeográfico y diagenético.—L.

#### ANALISIS MINERAL

JEAN GRISON: *Application de la spectrophotometrie d'absorption atomique au controle industriel de fabrication*, CEA-R-3.973, 20 págs., 1970.

El laboratorio de la fábrica de la Hague recurre a la espectrometría de absorción atómica para reducir los costos de los análisis de control de los procedimientos.

Una instalación especial para la evacuación de los efluentes líquidos y gaseosos del aparato permite utilizar indistintamente con la misma facilidad, esta técnica en medio inactivo y en medio radiactivo.

Se puede así analizar las soluciones de productos de escisión, después de la dilución, y valorar las impurezas presentes en las soluciones de uranio. Según una decontaminación de polvo, algunas valoraciones de impurezas en el PuO<sub>2</sub> y PuF<sub>4</sub> pueden igualmente ser efectuadas por esta técnica.—L.

#### BIBLIOGRAFIA

*Bibliografía geológica española (1967)*, Acta Geológica Hispánica, año IV, núm. 6, noviembre-diciembre de 1969.

Ha aparecido el número 6 de Acta Geológica Hispánica, en el cual se recoge la bibliografía geológica española de 1967. Este es una continuación de las publicadas anteriormente comprendidas en los años 1964-65-66.

La aparición de esta publicación, consideramos es de sumo interés para los geólogos que trabajan en España.—L.

## Sección informativa de revistas

#### Publicaciones chinas

PROCEEDINGS. Publ. por el Geological Survey of China, Taipei. Núm. 11, junio 1968.

R. W. Chaney y Ching-Chang-Chuang: *An oak-laurel forest in the Miocene of Taiwan (Part I)*.

Li-Sho Chang: *A biostratigraphic study of the Tertiary in the coastal range, Eastern Taiwan, based on smaller Foraminifera (II Northern Part)*.

Tungyow Huang: *Some paleocene planktonic Foraminifera from well PK-3 at Peikang, Yunling, Taiwan*.

S. F. Tsan y W. P. Keng: *The neogene rocks and major structural features of Southwestern Taiwan*.

H. T. Chiu: *The Hsinchuang fault in the Yaoyuan Area, Northern Taiwan*.

H. T. Chiu: *The Hsinchuang fault in the Yaoyuan Area, Northern Taiwan*.

T. P. Yen: *Volcanic geology on the coastal range, Eastern Taiwan*.

B. Ching-Chang: *Remarks on himalayan-alpine structural comparison*.

V. C. Juan, Chang-Ching Youh y Huann-Jih Lo: *A synthetic study with natural pectolite and its bearing on the hydrothermal alteration of basic igneous rocks*.

Huann-Jih Lo: *Hydrothermal breakdown of antigorite*.

Chang-Ching Youh y Huann Jih Lo: *A geochemical study of the enargite and luzonite from the Chikuashih Mine, Taiwan*.

#### Publicaciones hindúes

ANNUAL REPORT (1967-1968). Publ. por The Central Mining Research Station, Barwa Road, Dhanbad, Bihar, India,

#### Publicaciones israelitas

ISRAEL JOURNAL OF EARTH SCIENCES. Publ. por el National Council for Research and Development, Israel.

Vol. 16, núm. 1, marzo 1967.

J. Katsnelson: *The frequency of hail in Israel*.

A. Hadas: *The distribution of hail in Israel*.

- A. Nissenbaum: *Anhydrite inclusions in idiomorphic quartz in gypsum concretion from Makhtesh Ramon, Israel*. Vol. 16, núm. 2, junio 1967.
- Y. Kolodny: *Lithostratigraphy of the Mishash Formation, Northern Negev*.
- A. Horowitz: *The geology of Museri Island (Dahlak Archipiélago, Southern Red Sea)*.
- S. Gross y otros: *The Mottled Zone complex of Nahal Ayalon (Central Israel)*. Vol. 16, núm. 3, septiembre 1967.
- Z. Reiss: *Victoriella (foraminiferida) from Israel*.
- I. G. Sohn: *Paleogeographical implications of nonmarine lower cretaceous cyprideinae in Israel, and Metacytherop-teron parnesi n. sp. (Ostracoda, Crust)*.
- G. Mishnaevsky: *Some Cenomanian ostreids from Israel*.
- S. Rotmann: *Miocene mollusca of the Lakhish area, central Israel*.
- Z. Levy: *Some late Campanian nostoceratid ammonites from southern Israel*.
- M. Raab: *Enchodus elegans Darteville and Casier from the Senonian of Israel*. Vol. 16, núm. 4, diciembre 1967.
- A. Arad y A. Michaeli: *Hydrogeological investigations in the western catchment of the Dead Sea*.
- E. Mazor y E. Rosenthal: *Notes on the sulphur cycle in the mineral waters and rocks of the Lake Tiberias-Dead Sea Rift Valley, Israel*.
- U. Kafri: *Facies changes in southwestern Carmel (Israel) and their influence of groundwater regime*.
- A. Singer: *Mineralogy of the non-clay fractions from basaltic soils in the Galilee, Israel*.

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Jerusalem. Núm. 44, abril 1968.

I. G. Sohn: *Triassic ostracodes from Makhtesh Ramon, Israel*.

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Jerusalem. Hidrological Paper núm. 11, Boletín núm. 45, 1967.

M. J. Goldschmidt y otros: *The mechanism of the saline springs in the Lake Tiberias depression*.

### Publicaciones malayas

MEMOIR. Publ. por el Geological Survey of West Malaysia, Ipoh.

Núm. 8, 1968.

J. B. Alexander: *Geology and mineral resources of the Bentong area, Pahang*.

Núm. 10, 1967.

S. MacDonald: *Geology and mineral resources of North Kelantan and North Trengganu*.

### Publicaciones turcas

BULLETIN. Publ. por el Mineral Research and Exploration Institute of Turkey, Ankara.

Núm. 69, octubre 1967.

S. L. Gökçen: *Eocene-Oligocene sedimentation in the Kesan area, SW Turkish Thrace*.

P. de Graciansky y otros: *Une coupe stratigraphique dans le Paléozoïque supérieur et le Mésozoïque à l'extrémité occidentale de la chaîne Sud-Anatolienne (Nord de Fethiye)*.

T. Günvenç: *A propos de la structure de la paroi des Nodosariida et description d'un nouveau genre Alanyana et de quelques nouvelles espèces du Permien de Turquie*.

Carlo Pisoni: *Contribution à l'étude géologique de la région de Kas (vilâyet d'Antalya)*.

E. Nakoman: *Deux études biométriques concernant le changement de forme chez les spores trilètes*.

M. Gutnic y M. Moullade: *Données nouvelles sur le Jurassique et le Crétacé inférieur du Barla Dag au Sud Senirkent (Taurus de Pisidie, Turquie)*.

O. Monod: *Présence d'une faune ordovicienne dans les schistes de Seydisehir à la base des calcaires du Taurus occidental*.

### Publicaciones japonesas

REPORT. Publ. por el Geological Survey of Japan, Hisamoto. Núm. 225, 1968.

K. Sumi: *Hydrothermal rock alteration of the Matsukawa geothermal area, northeast Japan*.

Núm. 226, 1968.

K. Hirayama: *Geological study on the Anguran mine, northwestern part of Iran*.

Núm. 227, 1968.

K. Shibata: *K-Ar age determinations on granitic and metamorphic rocks in Japan*.

Núm. 228, 1968.

Y. Suzuki: *Seismicity and tectogenesis in the Japanese islands and their neighbourhood*.

Núm. 229, 1968.

H. Hattori: *Late Mesozoic to recent tectogenesis and its bearing on the metamorphism in New Zealand and in Japan*.

CONTRIBUTIONS. Publ. por el Institute of Geology and Palaeontology, Universidad de Tohoku, Sendai, Japón.

Núm. 65, septiembre 1968.

A. Muto: *Sedimentological research on the alluvial deposits of Iwaki city, Fukushima prefecture*.

Núm. 65, noviembre 1968.

Y. Iwabuchi: *Submarine geology of the southeastern part of the Japan Sea*.

JOURNAL OF EARTH SCIENCES. Publ. por la Universidad de Nagoya, Departamento de Ciencias.

Vol. 14, núm. 2, diciembre 1966.

I. Matsuzawa: *A study on the formation of the African dipt valley*.

K. Suwa: *Maximum microclines in Aswan granitic rocks, Egypt*.

S. Mizutani y K. Suwa: *Orthoquartzitic sand from the Lybian desert, Egypt*.

K. Kato y Y. Kitano: *Salt error in colorimetric determination of the molybdate-reactive silica in sea water*.

N. Kuroda: *The volcanic rocks of the Mikuni coastal area, Fukui-ken, Central Japan, with special reference to basic inclusions occurring in the dacitic andesite of Tōjinbō*.

Y. Kono: *Heat flow and tectogenesis*.

Vol. 15, núm. 1, junio 1967.

Y. Saka: *Geological structure of the Chichibu terrain in the vicinity of Yura-machi, Wakayama prefecture, Southwest Japan*.

I. Matsuzawa y T. Uemura: *Geotectonic studies on the Toki Miocene sedimentary basin, Central Japan*.

Y. Shimazu y otros: *Unsteady mantle convection*.

JOURNAL OF SCIENCE. Publ. por la Facultad de Ciencias, Universidad de Kumamoto, Japón.

Vol. 7, núm. 2, febrero 1968.

H. Matsumoto: *Petrological study on rock from Oninomi-yama volcano, Beppu city, Oita prefecture*.

R. Saito: *The regularity of the occurrence of the orogenic phases and its application*.

R. Saito: *The regularity of the eruption of volcanoes in Japan*.

### Publicaciones neozelandesas

GEOLOGY AND GEOPHYSICS. Publ. por el Department of Scientific and Industrial Research, Wellington.

Vol. 11, núm. 1, marzo 1968.

M. Cowan y T. Hatherton: *Gravity surveys in Wellington and Hutt Valley*.

G. A. Eiby: *A descriptive catalogue of New Zealand earthquakes. Part 1-Shocks felt before the End of 1845*.

E. H. Brown: *Metamorphic structures in part of the Eastern Otago schists*.

D. A. Christoffel and J. G. Linford: *The magnetotelluric method for locating major geological features and its application in the Wairarapa*.

R. L. Brathwaite: *The geology of the Boulder Lake area, North-West Nelson, Part 1-The Anatoki Formation*.

R. L. Brathwaite: *The geology of the Boulder Lake area, North-West Nelson. Part 2-The Mount Olympus granite pluton*.

C. A. Fleming: *Notes on New Zealand fossil mollusca-1 (Abbreviated Titles). Conilithes Swainson*.

P. A. Maxwell: *Locality of Gastropoda species*.

C. A. Fleming: *Name changes, revised list, british mollusca*.

A. G. Beu: *Resania elongata and Zenatia cretacea*.

R. Stoneley: *A Lower Tertiary decollement on the East Coast, North Island, New Zealand*.

P. A. Maxwell: *A new species of Lepas (Cirripedia, Lepadidae) from the Lower Miocene of New Zealand*.

A. G. Beu: *A specimen of the nautiloid Aturia from the Kapitean Stage (Uppermost Miocene) of New Zealand*.

A. J. Gow: *Petrographic and petrochemical studies of Mt. Egmont andesites*.

G. A. Challis: *Gravity faulting as a mechanism of topographic adjustment. The K<sub>2</sub>O: Na<sub>2</sub>O ratios of ancient volcanic arcs in New Zealand*.

J. F. Lewis: *Tauhara Volcano, Taupo Zone. Part 1-Geology and structure*.

G. J. Blake: *The rivers and the foreshore sediment of Pegasus Bay, South Island, New Zealand*.

NEW ZEALAND JOURNAL OF GEOLOGY AND GEOPHYSICS. Publ. por el Department of Scientific and Industrial Research, Vol. 11, núm. 2, junio 1968.

J. C. Schofield: *Regional aspects of Cainozoic volcanology in the North Island of New Zealand-Crustal fusion produces intermediate magma*.

D. J. Young: *The Fraser Fault in central Westland, New Zealand and its associated rocks*.

G. Norris: *Plant microfossils from the Hawks Crag breccia South-West Nelson, New Zealand*.

R. P. Suggate: *The Paringa Formation, Westland, New Zealand*.

G. H. Scott: *Comparison of the primary aperture of globigerinoides from the Lower Miocene of Trinidad and New Zealand*.

G. H. Scott: *Comparison of Lower Miocene globigerinoides from the Caribbean and New Zealand*.

G. H. Scott: *Stratigraphic variation in Globigerinoides trilobus (Reuss) from the Lower Miocene of Europe, Trinidad, and New Zealand*.

D. G. Bishop: *The geometric relationships of structural features associated with major strike-slip faults in New Zealand*.

M. G. Laird y J. M. Hope: *The Torca breccia and the Papahaua overfold*.

M. G. Laird: *The Paparoa tectonic zone*.

G. J. Van der Lingen: *Preliminary sedimentological evaluation of some flysch-like deposits from the Makaru basin, central Hawke's Bay, New Zealand*.

A. Ewart: *The petrography of the Central North Island rhyolitic lavas. Part 2-Regional petrography including notes on associated ash-flow pumice deposits*.

### Publicaciones australianas

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey of Western Australia.

Núm. 118, 1966.

Ph. E. Playford y D. C. Lowry: *Devonian reef complexes of the Canning basin, Western Australia*.

- PAPERS. Publ. por la Universidad de Queensland, St. Lucia.  
Vol. VI, núm. 6, octubre 1968.  
N. C. Stevens: *Triassic volcanic rocks of Agnes Water, Queensland.*  
Vol. VI, núm. 7, octubre 1968.  
E. R. Phillips: *Some plutonic rocks from a northern part of the New England batholith.*  
Vol. VI, núm. 8, octubre 1968.  
T. R. Haskell: *Saccate pollen grains from the Lower Cretaceous of the Great Artesian basin, Australia.*  
Vol. VI, núm. 9, enero 1969.  
B. Runnegar y J. A. Ferguson: *Stratigraphy of the Permian and Lower Triassic marine sediments of the Gympie district, Queensland.*  
ANNUAL REPORT. Publ. por el Geological Survey of Western Australia, Canberra.

## MAPAS

## Mapas árabes

- MINERAL INVESTIGATIONS MAP. Publ. por el Ministerio de petróleo y recursos minerales. Jeddah, Arabia Saudí.  
Núm. MI-14, 1968.  
J. W. Whitlow: *Geology and geochemical reconnaissance of the Jabal Sahah quadrangle, Southern Najd.*  
MI-15, 1968.  
J. W. Whitlow: *Geology and geochemical reconnaissance of the Jabal ash Shumrah quadrangle, Southern Najd.*  
MI-16, 1968.  
J. W. Whitlow: *Geology and geochemical reconnaissance of the Jabal al Hawshah quadrangle, Southern Najd.*  
MI-17, 1968.  
J. W. Whitlow: *Geology and geochemical reconnaissance of the Al Kushaymiyah quadrangle, Southern Najd.*

## Mapas estadounidenses

- GEOLOGICAL INVESTIGATIONS MAP. Publ. por el United States Geological Survey, Washington.  
Núm. GP-616.  
*Aeromagnetic Map of the Kabetogama Lake-Grassy Lake area, St. Louis county, Minnesota.*  
GP-617.  
*Aeromagnetic map of the Palmer quadrangle, Hampden Hampshire and Worcester counties, Massachusetts.*  
GP-618.  
*Aeromagnetic map of the Springfield North quadrangle, Hampden and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-619.  
*Aeromagnetic map of the Ludlow quadrangle, Hampden and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-620.  
*Aeromagnetic map of the Warren quadrangle, Worcester, and Hampshire counties, Massachusetts.*

- Núm. GP-621.  
*Aeromagnetic map of the East Brookfield quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-622.  
*Aeromagnetic map of the Mount Tom quadrangle and part of the Woronoco quadrangle, Hampden and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-623.  
*Aeromagnetic map of the Worcester South quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-624.  
*Aeromagnetic map of the Leicester quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-625.  
*Aeromagnetic map of the Chester quadrangle and parts of the Beckett and Blandford quadrangles, Berkshire, Hampden and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-626.  
*Aeromagnetic map of the Goshen quadrangle and part of the Ashfield quadrangle, Franklin and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-627.  
*Aeromagnetic map of the Worthington quadrangle and parts of the Plainfield and Peru quadrangles, Berkshire and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-628.  
*Aeromagnetic map of the Westhampton quadrangle and part of the Woronoco quadrangle, Hampshire county, Massachusetts.*  
Núm. GP-629.  
*Aeromagnetic map of the Hampden quadrangle, Hampden county, Massachusetts and Tolland county, Connecticut.*  
Núm. GP-630.  
*Aeromagnetic map of the Monson quadrangle, Hampden county, Massachusetts, and Tolland county, Connecticut.*  
Núm. GP-631.  
*Aeromagnetic map of the Coutthbridge quadrangle, Worcester county, Massachusetts, and Windham Tolland counties.*  
Núm. GP-632.  
*Aeromagnetic map of the Springfield South quadrangle, Hampden county, Massachusetts, and Hartford and Tolland counties, Connecticut.*  
Núm. GP-633.  
*Aeromagnetic map of the Wales quadrangle, Hampden and Worcester counties, Massachusetts, and Tolland county, Connecticut.*  
Núm. GP-634.  
*Aeromagnetic map of the Webster quadrangle, Worcester county, Massachusetts, and Windham county, Connecticut.*  
Núm. GP-635.  
*Aeromagnetic map of the West Springfield quadrangle and part of the Southwick quadrangle, Hampden county, Massachusetts, and Hartford county, Connecticut.*  
Núm. GP-637.  
*Aeromagnetic map of the Hot Creek Range region, South-Central Nevada.*

- Núm. GP-639, 1969.  
*Aeromagnetic map of the McNair-Grand Portage area, Northeastern Minnesota.*  
Núm. GP-642, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Norfolk Quadrangle and parts of the West Torrington and South Sandisfield Quadrangles, Litchfield county, Connecticut.*  
Núm. GP-644, 1969.  
*Aeromagnetic map of the New Hartford Quadrangle and parts of the Collinsville and West Grandville Quadrangles, Litchfield and Hartford counties, Connecticut.*  
Núm. GP-645, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Tariffville Quadrangle and parts of the Avon and Southwick Quadrangles, Connecticut and Massachusetts.*  
Núm. GP-646, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Ellington Quadrangle and part of the Rockville Quadrangle, Hartford and Tolland counties, Connecticut.*  
Núm. GP-648, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Ellington Quadrangle, Hartford and Tolland counties, Connecticut.*  
Núm. GP-651, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Eastford Quadrangle and part of the Hampton Quadrangle, Tolland and Windham counties, Connecticut.*  
Núm. GP-652, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Putnam Quadrangle and part of the Danielson Quadrangle, Windham county, Connecticut.*  
Núm. GP-656, 1969.  
*Aeromagnetic map of Beach Hill and vicinity, New Hampshire and Vermont.*  
Núm. GP-657, 1969.  
*Aeromagnetic strip map across the Central Sierra Nevada, California.*  
Núm. GP-659, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Williamsburg Quadrangle and part of the Shelburne Falls Quadrangle, Franklin and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-660, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Mt. Toby Quadrangle and part of the Greenfield Quadrangle, Franklin and Hampshire counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-661, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Easthampton Quadrangle, Hampshire and Hampden counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-662, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Mt. Holyoke Quadrangle, Hampshire and Hampden counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-663, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Belcherstown Quadrangle, Hampshire county, Massachusetts.*  
Núm. GP-664, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Winsor Dam Quadrangle, Hampshire, Worcester and Franklin counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-665, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Ware Quadrangle, Worcester and Hampshire counties, Massachusetts.*

- Núm. GP-666, 1969.  
*Aeromagnetic map of the North Brookfield Quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-667, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Paxton Quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-668, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Worcester North Quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-670, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Custer-Rapid City area, Southwestern South Dakota.*  
Núm. GP-672, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Shrewsbury Quadrangle, Worcester county, Massachusetts.*  
Núm. GP-673, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Marlboro Quadrangle, Middlesex and Worcester counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-674, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Framingham Quadrangle, Middlesex and Worcester counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-675, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Natick Quadrangle, Middlesex and Norfolk counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-676, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Newton Quadrangle, Middlesex, Norfolk, and Suffolk counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-677, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Boston South Quadrangle, Middlesex, Norfolk, and Suffolk counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-678, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Hull Quadrangle, Suffolk, Norfolk, and Plymouth counties, Massachusetts.*  
Núm. GP-679, 1969.  
*Aeromagnetic map of the Nantasket Quadrangle, Suffolk and Plymouth counties, Massachusetts.*

## Mapas franceses

- CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE 1:80.000. Publ. por el B. R. G. M., Orléans-la-Source.  
Núm. 8: Douai.  
Núm. 65: Melun.  
Núm. 51: Bar-le-Duc.  
Núm. 82: Troyes.  
Núm. 83: Chaumont.  
Núm. 136: Autun.  
Núm. 138: Lons-le-Saunier.  
Núm. 141: Fontenay.  
Núm. 210: Orange.  
  
CARTES GEOLOGIQUES DE LA FRANCE 1:50.000. Publ. por el B. R. G. M., Orléans-la-Source.  
Núm. XV-31: Saintes.  
Núm. XIX-24: Loches.  
Núm. XIX-42: Beaumont de Lomagne.  
Núm. XXV-3-4: Lille-Halluin.

Núm. XXV-5: Carvin.  
 Núm. XXVIII-19: Chaource.  
 Núm. XXXI-36: Charpey.  
 Núm. XXXIV-20: Luxeuil-les-Bains.  
 Núm. XII-22: Amboise.  
 Núm. XXIV-6: Arras.  
 Núm. XXV-7: Cambrai.  
 Núm. XXVIII-22: Quarré-les-Tombes.  
 Núm. XXIX-22: Semur-en-Auxois.  
 Núm. XXIX-23: Pouilly-en-Auxois.  
 Núm. XXIX-41: Uzes.  
 Núm. XXXII-35: Vif.  
 Núm. XXXII-39: Serres.  
 Núm. XXXIII-17: Châtenois.  
 Núm. XXXIII-20: Jussey.  
 Núm. XXXIII-23: Besançon.  
 Núm. XXXV-24: Morteau.  
 Núm. XXXV-37: Guillestre.  
 Núm. XXXV-40: Allos.

### Mapas japoneses

GEOLOGICAL MAP OF JAPAN. 1:50.000. Publ. por el Geological Survey of Hokkaido.  
 Numakawa (Asahigawa-9).  
 Monbetsu (Abashiri-11).  
 Nishitappu (Kushiro-15).  
 Shibinai (Abashiri-53).  
 Asahidake, Abashiri-54).

### Mapas mejicanos

CARTA GEOLÓGICA DE MÉXICO. Serie de 1.100.000. Publ. por la Universidad Nacional Autónoma de México.  
 Hoja núm. 14 R-j (11): El Salado (Zacatecas y San Luis de Potosí).

### Mapas rumanos

MAPA GEOLÓGICO 1:200.000. Publ. por el Instituto Geológico, Comité Estatal para la Geología, Bucarest.  
 Notas de Introducción.

Núm. 2: Satu Mare.  
 Núm. 4: Viseu.  
 Núm. 5: Radauti.  
 Núm. 9: Simleul Silvaniei.  
 Núm. 10: Cluj.  
 Núm. 11: Bistrita.  
 Núm. 12: Toplita.  
 Núm. 13: Piatra Neamt.  
 Núm. 17: Brad.  
 Núm. 18: Turda.  
 Núm. 19: Tirgu Mures.  
 Núm. 20: Odorhei.  
 Núm. 22: Birlad.  
 Núm. 24: Timisoara.  
 Núm. 25: Deva.  
 Núm. 26: Orastie.  
 Núm. 27: Sibiu.  
 Núm. 28: Brasov.  
 Núm. 30: Focsani.  
 Núm. 31: Resita.  
 Núm. 32: Baia de Arama.  
 Núm. 33: Tirgu Jiu.  
 Núm. 34: Pitesti.  
 Núm. 35: Tirgoviste.  
 Núm. 36: Ploiesti.  
 Núm. 37: Braila.  
 Núm. 38: Tulcea.  
 Núm. 39: Sulina.  
 Núm. 41: Craiova.  
 Núm. 42: Slatina.  
 Núm. 43: Neajlov.  
 Núm. 46: Constanta.  
 Núm. 47: Calafat-Bechet.  
 Núm. 50: Mangalia.

### Mapas suizos

GEOLOGISCHER ATLAS DER SCHWEIZ, 1:25.000. Publ. por la Comisión Geológica Suiza, Berna.  
 Hoja núm. 52: Andelfingen (con memoria) (Núm. 1052 del Mapa de Suiza).  
 Hoja núm. 26. Neuenegg, Oberbalm, Schwarzenburg, Rüeggisberg (sólo memoria) (Núms. 332, 333, 334, 335 del Mapa de Suiza).

## INDICE DE MATERIAS

	Páginas
<i>Geología</i>	
Notas sobre la microfauna de la caliza masiva en Entrepeñas (Asturias, España), por C. Martínez Díaz ... ..	1
Estudio geológico de la región Caniles-Serón (Cordilleras Béticas), por A. Maldonado López ... ..	6
Evolución del Macizo Hespérico en los tiempos ante-mesozoicos y sus relaciones con otras áreas europeas, por J. R. Parga ... ..	115
Zircon in granites, gneisses and metasediments from western Galicia, NW Spain): Preliminary report on investigations of crystal habit and other optical characteristics, por C. E. S. Arps ... ..	144
Sobre las rocas plutónicas de la zona de Tapia (Asturias, España), por O. Suárez Méndez y V. Suárez ... ..	157
Tectónica y diferenciación estructural de los granitos y neises de la ría de Arosa (Pontevedra, Galicia), por M. E. Denaeyer ... ..	164
La costa NW. de Galicia; mineralogía de sus arenales, por J. Pérez Mateos y L. F. Caraballo ... ..	169
Sobre la existencia de «ortogneisses porfiroides» en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España), por E. Puga ... ..	174
Los granitos de Ponferrada (León), por O. Suárez ... ..	185
Acción tectónica y transformaciones mineralógicas en rocas graníticas, por M. Montoto San Miguel ... ..	192
Algunas observaciones sobre el granito porfiroide de Fontao y su mineralización metalífera, por J. D. Hilgen ... ..	199
Roches granitiques de l'Alentejo (Portugal), por A. Barros e Carvalho ... ..	211
Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne, por R. Capdevila y P. Floor ... ..	215
Aperçu pétrographique et estructural sur les granitoïdes de la Sierra Morena occidentale (Espagne), por J. P. Bard y J. Fabries ... ..	225
Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal, por P. Floor, H. J. Kisch y Oen Ing Soen ... ..	242
Sessão de travail consacrée à la subdivision des roches granitiques dans le nord-ouest péninsulaire, por P. Floor ... ..	245
Sur l'arénisation d'un granit à muscovite, por A. F. Sanches Furtado ... ..	249
Os encraves graniticos do maciço eruptivo de Sines, por M. <sup>a</sup> H. S. Canilho ... ..	253
Los stocks de la zona de Salas-Belmonte (Asturias), por L. G. Corretgé, C. Luque y O. Suárez ... ..	257
Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal, por Oen Ing Soen ... ..	271

	Páginas
Microanalyse de grenats d'aplites et de granites de Galice orientale (Espagne), por <i>H. Bizouard, R. Capdevila y C. Gaven</i> ... ..	299
Contribución al conocimiento petrológico de Galicia, por <i>L. F. Medina Valderrama</i> ... ..	307
La cobertera sedimentaria de la isla de Alborán (Almería), por <i>C. Gáibar-Puertas</i> ... ..	345
Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza, por <i>J. A. Vera</i> .	429
El ciclo geotectónico y la nueva tectónica global, por <i>Peter J. Coney</i> .	463
Geología estructural de la Hoja número 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz), por <i>T. Febrel Molinero</i> ... ..	473
Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Triás Alpujarride en la Sierra de Cartagena, por <i>C. Castells López, I. Quintero Amador y J. Espinosa Godoy</i> ... ..	559
La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago de Lozoya, por <i>R. Capote del Villar y M. Fernández Casals</i> ... ..	562
Un caballo microdonte del Pleistoceno medio de Vizcaya, por <i>Trinidad José de Torres Perezhidalgo</i> ... ..	569
Nota sobre la existencia de una discordancia posiblemente precámbrica al S. E. de la provincia de Badajoz, y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes, por <i>N. Llopis Lladó, Miguel A. de San José Lancha y P. Hernández Araújo</i> ... ..	586
Pliegues triásicos en la sierra de Lújar, zona Bética, Provincia de Granada. Nota preliminar, por <i>Florencio Aldaya Valverde</i> ... ..	593
 <i>Minería</i>	
Financiación de la Minería, por <i>E. Fernández Marina</i> ... ..	23
Fuentes antiguas sobre la minería de España y, en particular, de Sierra Morena, por <i>E. Márquez Trigueros</i> ... ..	28
Rocas y yacimientos exógenos de hierro, por <i>F. Mingarro Martín</i> ...	369
Metalogenia de la Hoja número 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz), por <i>T. Febrel Molinero</i> ... ..	479
Estudio de minerales en granos; identificación microquímica de titanio y circonio, por <i>R. Alvarez Rodríguez</i> ... ..	601
 <i>Agua subterráneas</i>	
Bombeo de ensayo y valoración de la eficacia del pozo de «Ferral del Bérnesga» (León), por <i>L. Llorente Herrero y M. Villanueva Martínez</i> ... ..	45
Possibilidad de transportar aguas dulces tomadas de la desembocadura de los ríos, por <i>F. Cañada Guerrero</i> ... ..	493
 <i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>	
Descubrimiento de unos yacimientos de sales sódicas en Ubeda (Jaén), por <i>F. Esteban Santisteban</i> ... ..	51
Las anomalías geomagnéticas de la isla de Alborán (Almería), por <i>C. Gáibar-Puertas y J. Ruiz López</i> ... ..	378

	Páginas
Fisicoquímica de interacción de vermiculita con aminoácidos, por <i>J. A. Rausell-Colom y P. Salvador Salvador</i> ... ..	498
Uranio y Renio en rocas sedimentarias. I., por <i>A. Martín Pérez y L. García Rosell</i> ... ..	603
 <i>Estudios de minerales y rocas</i>	
Sobre el análisis cuantitativo por microsonda electrónica, por <i>J. López Ruiz</i> ... ..	69
Estudio cristalográfico de los granates de «El Hoyazo» (Almería), por <i>J. E. Iglesia Pérez e J. L. Martín Vivaldi</i> ... ..	394
Estudio cristalográfico de granates de facies metamórficos de Sierra Nevada, por <i>P. Fenoll Harch-Ali y J. L. Martín Vivaldi</i> ... ..	614
Estudio mineralógico de niveles arcillosos del triás alpujarride, por <i>J. González Martínez, P. Fenoll Harch-Ali y J. L. Martín Vivaldi</i> .	620

INDICE DE AUTORES

	Páginas
ALDAYA VALVERDE, F.: Pliegues triásicos en la Sierra de Lújar, zona Bética, Provincia de Granada. Nota preliminar ... ..	593
ALVAREZ RODRÍGUEZ, R.: Estudio de minerales en granos de identificación microquímica de titanio y circonio ... ..	601
ARPS, C. E. S.: Zircon in granites, gneisses and metasediments from western Galicia, (N W Spain): Preliminary report on investigations of crystal habit and other optical characteristics ... ..	144
BARD, J. P. y FABRIES, J.: Aperçu pétrographique et structural sur les granitoides de la Sierra Morena occidentale (Espagne) ... ..	226
BARROS E CASVALHOSA, A.: Roches granitiques de l'Alentejo (Portugal) ... ..	211
BIZOUARD, A.; CAPDEVILA, R. y GAVEN, C.: Microanalyse de grenats d'aplités et de granites de Galice orientales (Espagne) ... ..	299
CANILHO, M. <sup>a</sup> H. S.: Sur l'arenisation d'un granit à muscovite ... ..	253
CAÑADA GUERRERO, F.: Posibilidad de transportar aguas dulces tomadas de la desembocadura de los ríos, por conducciones submarinas ... ..	493
CAPDEVILA, R. y FLOOR, P.: Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne ... ..	215
CAPDEVILA, R.; GAVEN y BIZOUARD, H.: Microanalyse de grenats d'aplités et de granites de Galice orientale (Españe) ... ..	299
✓CAPOTE DEL VILLAR, R. y FERNÁNDEZ CASALS, M.: La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago de Lozoya ... ..	562
CARVALLO, L. F. y PÉREZ MATEOS, J.: La costa NW. de Galicia; mineralogía de sus arenales ... ..	169
CASTELLS LÓPEZ, C.; QUINTERO AMADOR, I. y ESPINOSA GODOY, J.: Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Triás Alpujarride en la Sierra de Cartagena ... ..	559
CONY, P. J.: El ciclo geotectónico y la nueva tectónica global ... ..	463
CORRETGÉ, L. G.; LUQUE, C. y SUÁREZ, O.: Los stocks de la zona de Salas-Bermonte (Asturias) ... ..	257
DENAEYER, M. E.: Tectónica y diferenciación estructural de los granitos y neises de la ría de Arosa (Pontevedra, Galicia) ... ..	164
ESPINOSA GODOY, J.; QUINTERO AMADOR, I. y CASTELLS LÓPEZ, C.: Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Triás Alpujarride en la Sierra de Cartagena ... ..	559
ESTEBAN SANTISTEBAN, F.: Descubrimiento de unos yacimientos de sales sódicas en Ubeda (Jeén) ... ..	51
FEBREL MOLINERO, T.: Geología estructural de la Hoja número 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz) ... ..	473
FEBREL MOLINERO, T.: Metalogenia de la Hoja número 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz) ... ..	479

	Páginas
FENOLL HACH-ALÍ, P. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Estudio cristalográfico de granates de facies metamórficas de Sierra Nevada ... ..	614
FENOLL HACH-ALÍ, P.; GONZÁLEZ MARTÍN, G. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Triás Alpujarride ... ..	620
✓FERNÁNDEZ CASALS, M. y CAPOTE DEL VILLAR, R.: La tectónica paleozoica del Guadarrama en la región de Buitrago de Lozoya ... ..	562
FERNÁNDEZ MARINA, E.: Financiación de la minería ... ..	23
FLOOR, P.: Session de travail consacrée à la subdivision des roches ranitiques dans le nord-ouest péninsulaire ... ..	245
FLOOR, P. y CAPDEVILA, R.: Les différents types de granites hercyniens et leur distribution dans le nord ouest de l'Espagne ... ..	215
FLOOR, P.; KISCH, H. J. e ING SOEN, O.: Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal ... ..	242
GAIBAR-PUESTAS, C.: La cobertera sedimentaria de la isla de Alborán (Almería) ... ..	345
GAIBAR-PUERTAS, C. y RUIO LÓPEZ, J.: Las anomalías geomagnéticas de la isla de Alborán (Almería) ... ..	378
GARCÍA ROSELL, L. y MARTÍN PÉREZ, A.: Uranio y renio en rocas sedimentarias. I ... ..	630
GAVEN, C.; BIZOUARD, H. y CAPDEVILA, R.: Microanalyse de grenats d'aplités et de granites de Galice orientale (Españe) ... ..	299
GONZÁLEZ MARTÍNEZ, G.; FENOLL HACH-ALÍ, P. y MARTÍNEZ VIVALDI, J. L.: Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Triás Alpujarride ... ..	620
HERRANZ ARAÚJO, P.; LLOPÍS LLADÓ, N. y SAN JOSÉ SANCHA, M. A.: Nota sobre la existencia de una discordancia posiblemente precámbrica al SE. de la provincia de Badajoz, y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes ... ..	586
HILGEN, J. D.: Algunas observaciones sobre el granito porfiroide de Fontao y su mineralización metalífera ... ..	394
IGLESIA PÉREZ, J. E. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Estudio cristalográfico de los granates de «El Hoyazo» (Almería) ... ..	394
ING SOEN, O.: Granite intrusions, folding and metamorphism in central northern Portugal ... ..	271
ING SOEN, O.; FLOOR, P. y KISCH, H. J.: Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal. 242	242
KISCH, H. J.; ING SOEN, O. y FLOOR, P.: Essai de corrélation de quelques granites hercyniens de la Galice et du nord du Portugal. 242	242
LÓPEZ RUIZ, J.: Sobre el análisis cuantitativo por microsonda electrónica ... ..	69
LUQUE, C.; SUÁREZ, O. y CORRETGÉ, L. G.: Los stocks de la zona de Salas-Belmonte (Asturias) ... ..	257
LLOPÍS LLADÓ, N.; HERRANZ ARAÚJO, P. y SAN JOSÉ LANCHA, M. A.: Nota sobre la existencia de una discordancia posiblemente precámbrica al SE. de la provincia de Badajoz, y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes ... ..	586
LLORENTE HERRERO, L. y VILLANUEVA MARTÍNEZ, M.: Bombeo de ensayo y valoración de la eficacia del pozo de «Ferral del Bernesga» (León) ... ..	45
MALDONADO LÓPEZ, A.: Estudio geológico de la región Caniles-Serón (Cordilleras Béticas) ... ..	6



	Páginas
MÁZQUEZ TRIGUERO, E.: Fuentes antiguas sobre la minería de España, y, en particular, de Sierra Morena ... ..	38
MARTÍN VIVALDI, J. L. e IGLESIA PÉREZ, J. E.: Estudio cristalográfico de los granates de «El Hoyazo» (Almería) ... ..	394
MARTÍN VIVALDI, J. L.; FENOL HACH-ALÍ, P. y GONZÁLEZ MARTÍN, G.: Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Triás Alpujárride ... ..	620
MARTÍN VIVALDI, J. L. y FENOL HACH-ALÍ, P.: Estudio cristalográfico de granates de facies metamórficas de Sierra Nevada ... ..	614
MARTÍNEZ DÍAZ, C.: Nota sobre la microfauna de la caliza masiva de Entrepeñas (Asturias, España) ... ..	1
MEDINA VALDERRAMA, L. F.: Contribución al conocimiento petrológico de Galicia ... ..	307
MINGARRO MARTÍN, F.: Rocas y yacimientos exógenos de hierro.	369
MONTOTO SAN MIGUEL, M.: Acción tectónica y transformaciones mineralógicas en rocas graníticas ... ..	192
PARGA, J. L.: Evolución del Macizo Hespérico en los tiempos antemesozoicos y sus relaciones con otras áreas europeas ... ..	115
PÉREZ MATEOS, J. y CARABALLO, L. F.: La costa NM. de Galicia, mineralogía de sus arenales ... ..	169
PUGA, E.: Sobre la existencia de «ortogneises porfiroides» en Sierra Nevada (Cordilleras Béticas, España) ... ..	174
QUINTERO AMADOR, I.; CASTELLS LÓPEZ, C. y ESPINOSA GODOY, J.: Nota sobre el hallazgo de un yacimiento fosilífero del Triás Alpujárride en la Sierra de Cartagena ... ..	559
RAUSELL-COLOM, J. A. y SALVADOR SALVADOR, P.: Físicoquímica de interacción de vermiculita con aminoácidos ... ..	498
RUIZ LÓPEZ, J. y GAIBAR-PUERTAS, C.: Las anomalías geomagnéticas geomagnéticas de la isla de Alborán (Almería) ... ..	378
SALVADOR SALVADOR, P. y RAUSELL-COLOM, J. A.: Físicoquímica de interacción de vermiculita con aminoácidos ... ..	498
SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; LLOPIS LLADÓ, N. y HERRANZ ARAÚJO, P.: Nota sobre la existencia de una discordancia posiblemente precámbrica al S. E. de la provincia de Badajoz, y sobre la edad de las series paleozoicas circundantes ... ..	586
SANCHES FURTADO, A. F.: Sur l'arénisation d'un granit à muscovite.	249
SUÁREZ, O.: Los granitos de Ponferrada (León) ... ..	185
SUÁREZ, O. y SUÁREZ, V.: Sobre las rocas plutónicas de la zona de Tapia (Asturias, España) ... ..	157
SUÁREZ, V. y SUÁREZ, O.: Sobre las rocas plutónicas de la zona de Tapia (Asturias, España) ... ..	157
SUÁREZ, O.; CORRETGE, L. G. y LUQUE, C.: Los stocks de la zona de Salas-Belmonte (Asturias) ... ..	257
TORRES PEREZHIDALGO, T.: Un caballo microdonte del Pleistoceno medio de Vizcaya ... ..	569
VERA, J. A.: Estudio estratigráfico de la Depresión Guadix-Baza.	429
VILLANUEVA MARTÍNEZ, M. y LLORENTE HERRERO, L.: Bombeo de ensayo y valoración de la eficacia del pozo de «Ferral del Bernesga» (León) ... ..	45

## PREMIO DE PERIODISMO

# “SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1970

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio “SANTA BARBARA” para 1970, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia de LA GEOLOGIA Y LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1971.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar dentro del primer trimestre del año 1971.

Ríos Rosas, 23

MADRID-3

## NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

### *Texto.*

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

### *Bibliografía.*

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

### *Parte gráfica.*

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica será reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna),

170 mm. (doble columna), 230 mm. (página) y 380 mm. (doble página). Las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original.

Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

### *Pruebas.*

Serán enviadas a los autores para que realicen en ellas las correcciones de carácter gramatical, así como los errores de imprenta, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

La Redacción efectuará la corrección de unas segundas pruebas, que servirán para comprobar que se han cumplido las correcciones efectuadas por el autor en las primeras.

### *Tiradas aparte.*

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

## LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Espectrometría de lectura directa.

Espectrometría de absorción atómica.

Espectrografía mediante placas fotográficas.

Análisis por fluorescencia y difracción de Rayos X.

Análisis de Radiactividad de aguas y minerales.

Análisis Químicos.

Microsonda Electrónica.

Metalogenia.

Petrología.

Preparación Mecánica de Minerales.

Mineralogía.

Macro y Micropalontología.

Geotecnia.

---

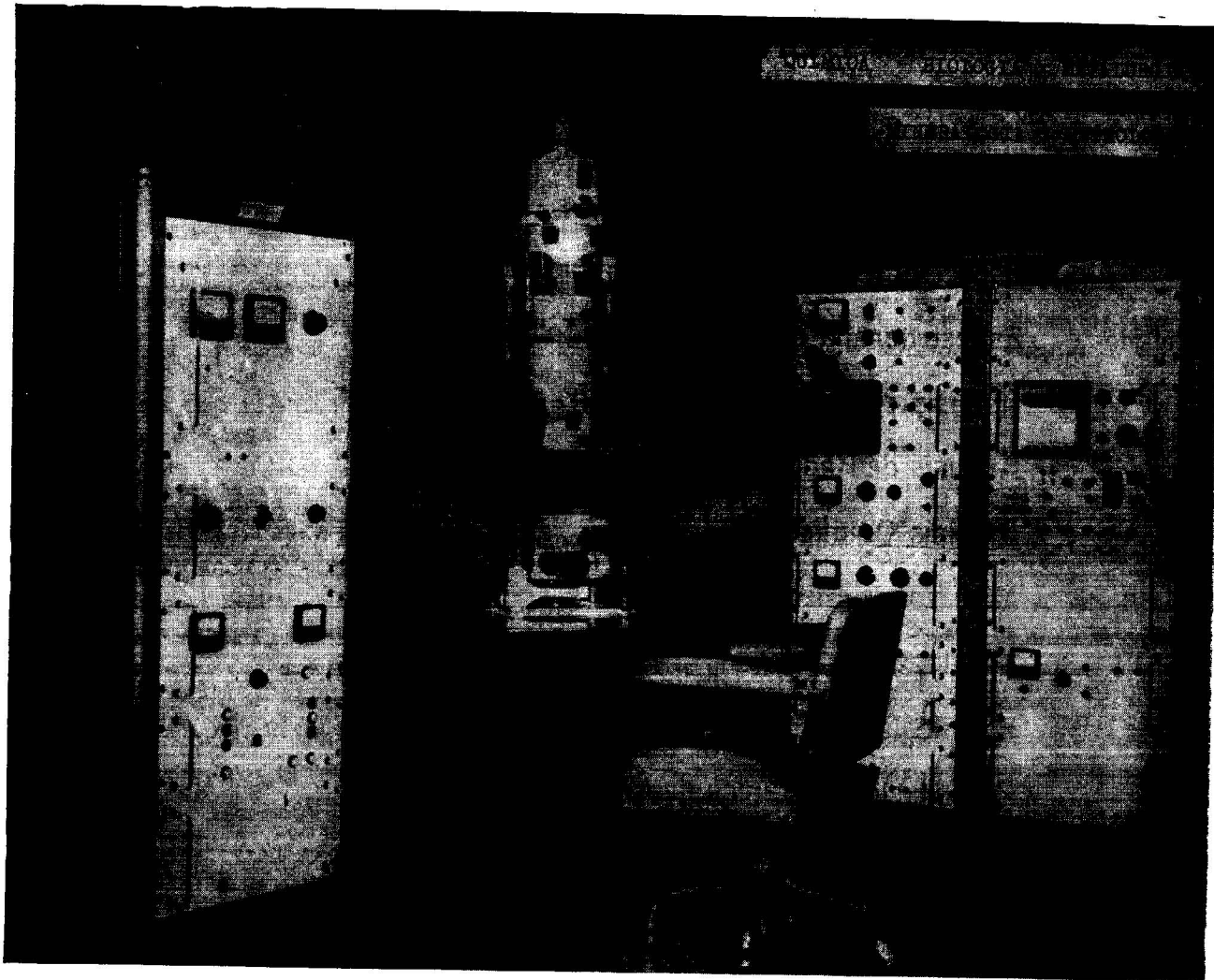
## DEPARTAMENTO DE LABORATORIOS IGME

RIOS ROSAS, 23

TELÉF. 254 22 00

MADRID-3

# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micras.
- ❖ Especialmente indicada en la resolución de problemas de Mineralogía y Petrología, así como en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc.

---

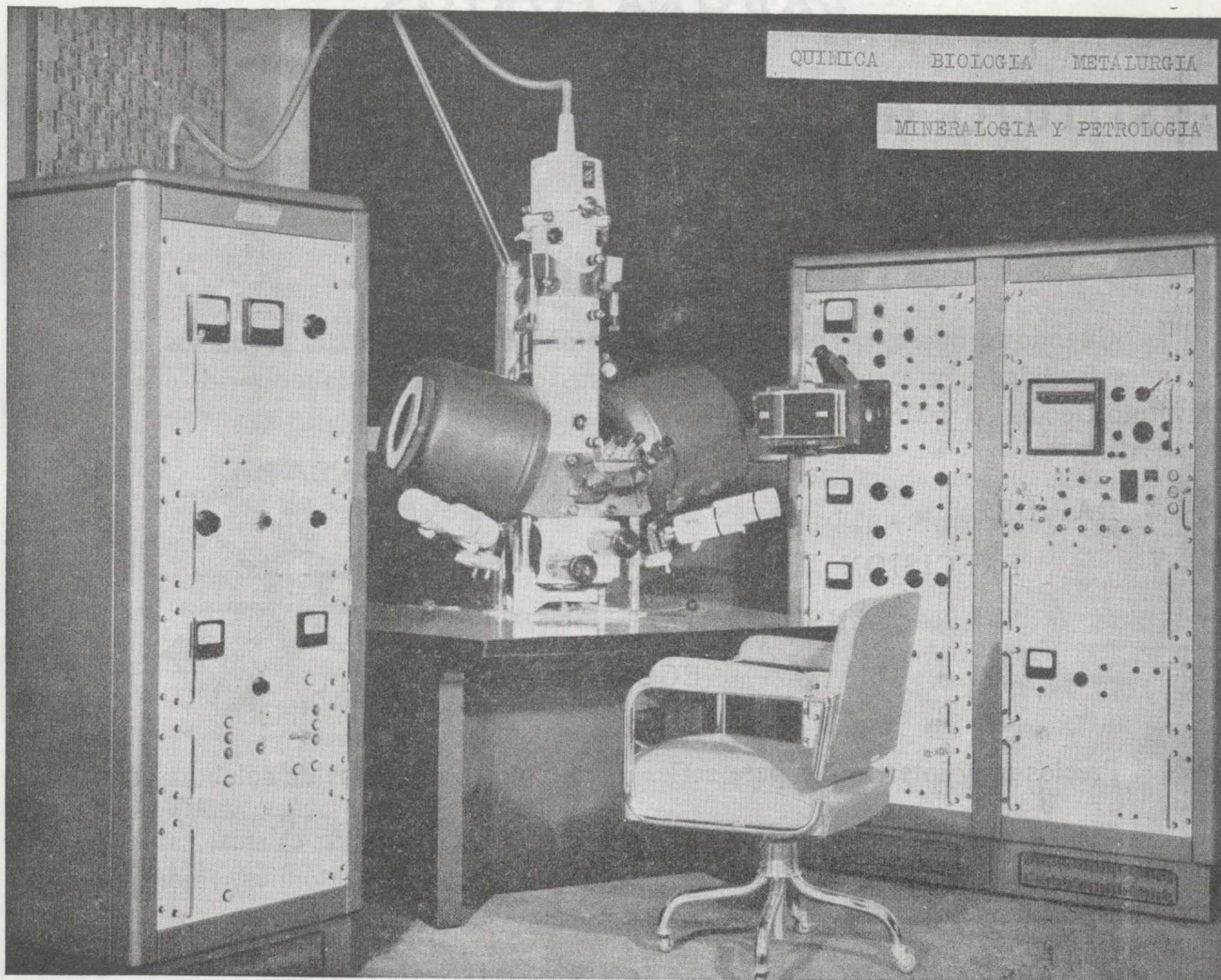
**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3

# LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

---

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3