

LEGISLACION INDUSTRIAL

III TOMO

2^a
edición

minería.

aguas minerome-
dicinales

aguas
subterráneas

PEDIDOS:
Servicio de Publicaciones
Ministerio de Industria

Claudio Coello, 44
Tels. 2762001-2762201
MADRID-1

ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 300 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad).

Acidificaciones.

AGUA Y SUELO, S. A.

Doctor Fleming, 3-5.º piso

Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72

MADRID-16

SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

Sondas LONGYEAR Y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testigueso continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm.
Sacamuestras especiales a percusión.

Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

8 DE CADA 10 CROMATOGRAFOS
8 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS { infrarrojos ó ultravioleta visible
9 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS de absorción atómica
8 DE CADA 10 REGISTRADORES para laboratorio

VENDIDOS EL PASADO AÑO FUERON
PERKIN-ELMER

RECONOCIMIENTO GENERAL DEL PRESTIGIO DE UNA MARCA
DEDICADA PLENAMENTE A LA INVESTIGACION
PARA EL AVANCE CIENTIFICO E INDUSTRIAL

Al adquirir cualquiera de nuestros equipos, Vd. recibe, los siguientes servicios:

- Asistencia técnica
- Servicio y mantenimiento eficaces
- Autodespacho de mercancías
- Centro de entrenamiento en Madrid con gastos de desplazamiento sufragados por nuestra Organización
- Suministro y consulta de bibliografía técnica
- Formación de instrumentistas de su propia empresa
- Contrato de revisión.

PERKIN-ELMER HISPANIA

MADRID
 Av. Generalísimo, 71 - A
 Tel.: 2 70 24 07

BARCELONA
 Sicilia, 105 - 2
 Tel.: 2 26 33 37

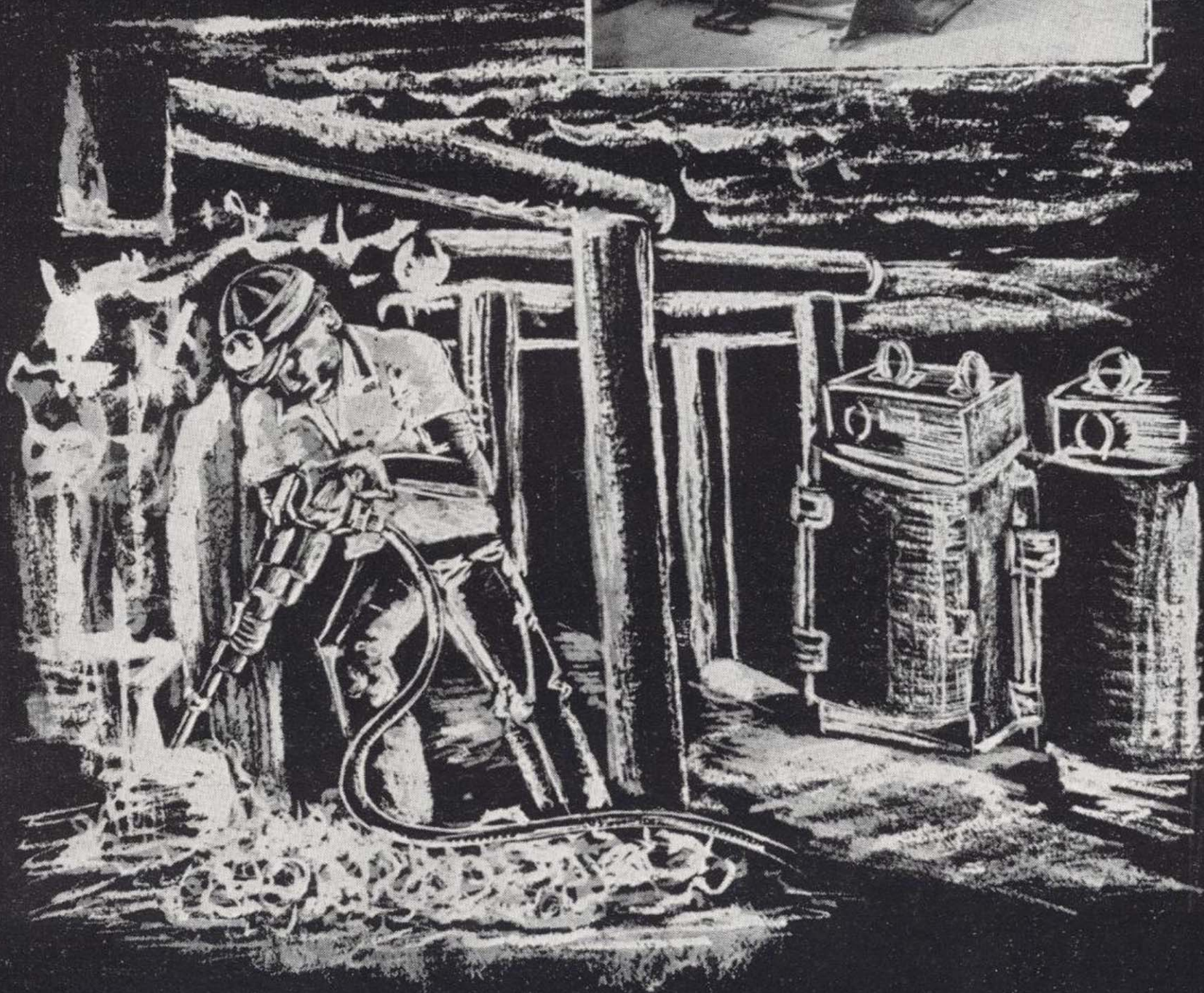
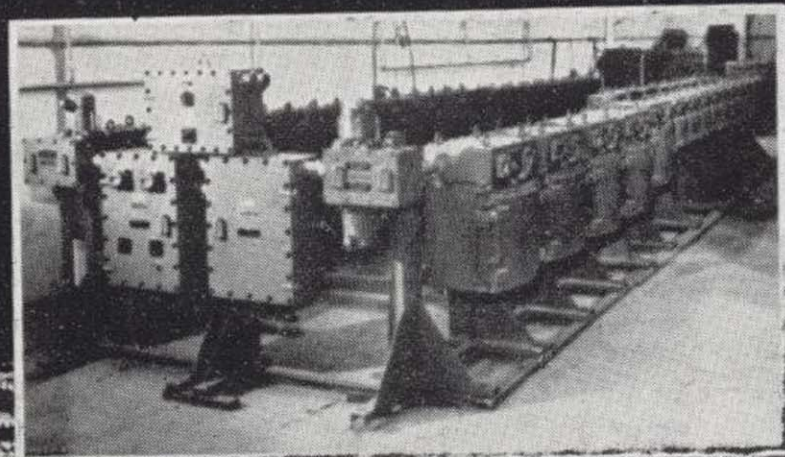
LISBOA
 Av. Liberdade, 220
 Tel.: 56 21 81

INSTRUMENTO AUTOMATIZADO PARA ANALISIS
 MASIVOS

ISA
SAIT

ISODEL SPRECHER, S. A.
 Madrid, General Alvaro 07 Apartado 7087

APARAMENTA ANTIDEFAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS



APARATOS DIVERSOS DE
SEGURIDAD
SEÑALIZACION
ALUMBRADO
DISTRIBUCION Y MANDO
MATERIAL DE CONEXION
CELDAS MEDIA TENSION
CONTACTORES
TRANSFORMADORES
CORTACIRCUITOS



ISODEL SPRECHER, S. A.
Madrid - Méndez Alvaro, 62 Apartado 7.087



COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

ESTUDIA:

Geología en general
Estratigrafía
Petrografía
Hidrogeología
Canteras etc.

INTERPRETA:

Diagrafías eléctricas y radioactivas
Ensayos de bombeo en pozos de agua
Estudios geofísicos

REALIZA:

Sondeos para investigación petrolífera hasta 6.000 m. de profundidad
Sondeos para alumbramiento de aguas subterráneas hasta 750 mm de diámetro
Sondeos mineros de reconocimiento en general
Sondeos de eliminación de productos residuales en la industria
Sondeos para obras civiles

==== IIIII =====
COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS S. A.
C. G. S.

Portal de Castilla, 66 Vitoria
Teléfono 22 36 04

Padre Xifre, 5 Madrid-2
Teléfono 415 60 54



CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas, accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Útiles para perforación a percusión «Hard Metals», bocas de acoplamiento cónicos y roscadas, bocas para martillos de fondo, etc.
- Toda clase de equipos y materiales para sondeos y perforaciones.
- Sondas industriales para tomas de probetas. Cortadoras de juntas en pavimentos. Discos de diamante, etc.

DIRECCION COMERCIAL:
Telg. «CHRISTENSA»

ALBERTO ALCOCER, 5, 3.º-C
MADRID-16 Tel. 250 34 04



**Empresa
Nacional
Adaro
De
Investigaciones
Mineras
Sociedad
Anónima**

Proyectos de
investigación de

GEOLOGIA MINERA
HIDROGEOLOGIA
INGENIERIA
de desarrollo minero

ENADIMSA

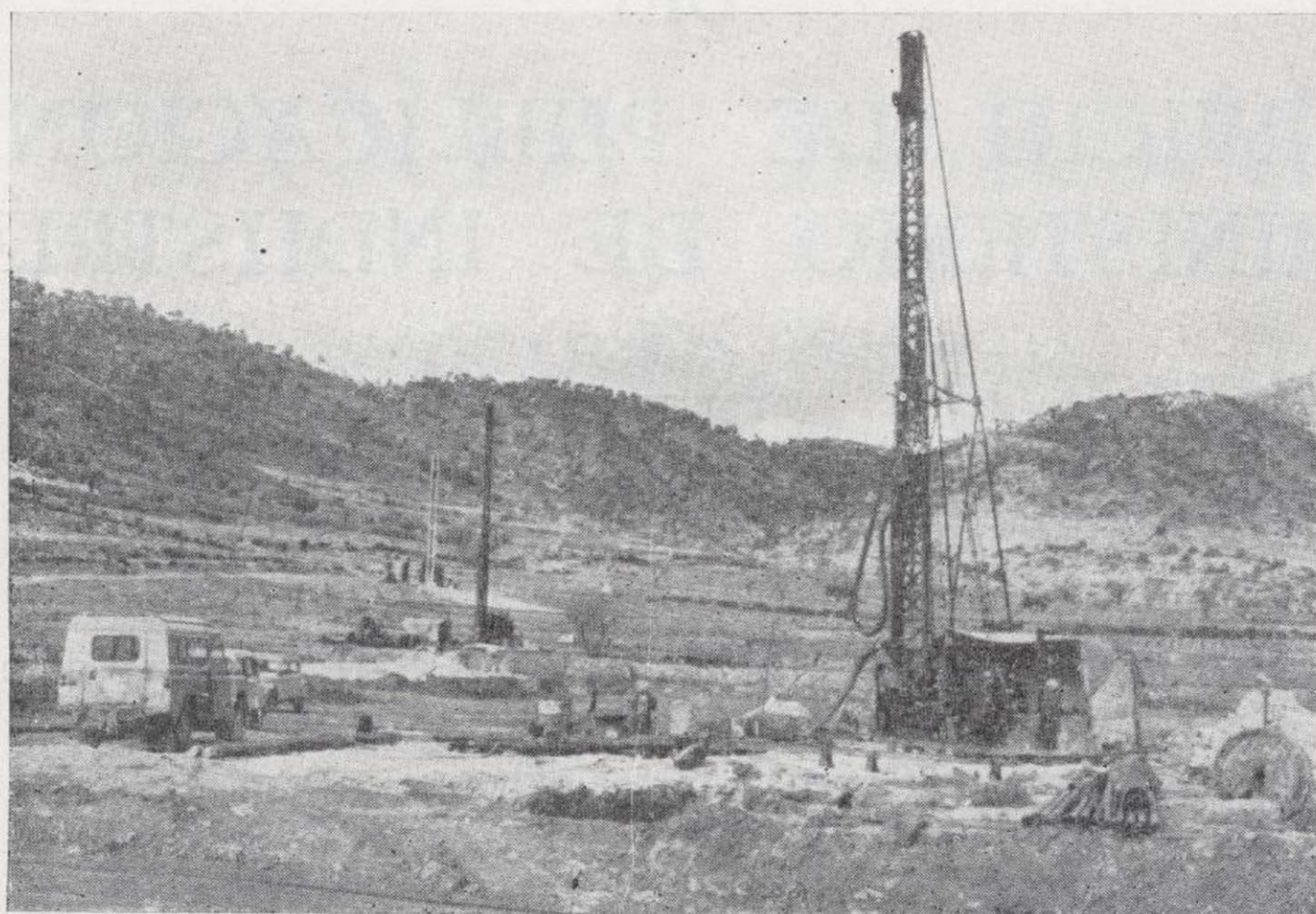
Servicios especializados en

GEOFISICA
GEOLOGIA
FOTOGEOLOGIA
ESTRATIGRAFIA
PETROLOGIA

SONDEOS
METALOGENIA
GEOQUIMICA
GEOESTADISTICA
MINERALOGIA
HIDROGEOLOGIA

domicilio social: serrano núm. 116, madrid 6. teléfono 261 7902
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12 getafe (madrid)
teléfonos 797 09 50/54/58

SONDEOS RODES



Sondeos para alumbramientos de aguas
Estudios hidrogeológicos.

Acidificaciones y cimentaciones de sondeos.

Equipos de perforaciones a percusión y rotación
para profundidades hasta 1.400 m.



Consultenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria



ERNESTO RODES MARTI

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 130 - Teléfono 359
VILLENNA (Alicante)



RECURSOS NATURALES S.A.

RENASA

GENERAL GODED, 19 - TEL. 4 19 69 34 - 38 MADRID-4

INGENIEROS CONSULTORES

MINERIA - AGUAS SUBTERRANEAS - CANTERAS -
EDAFOLOGIA

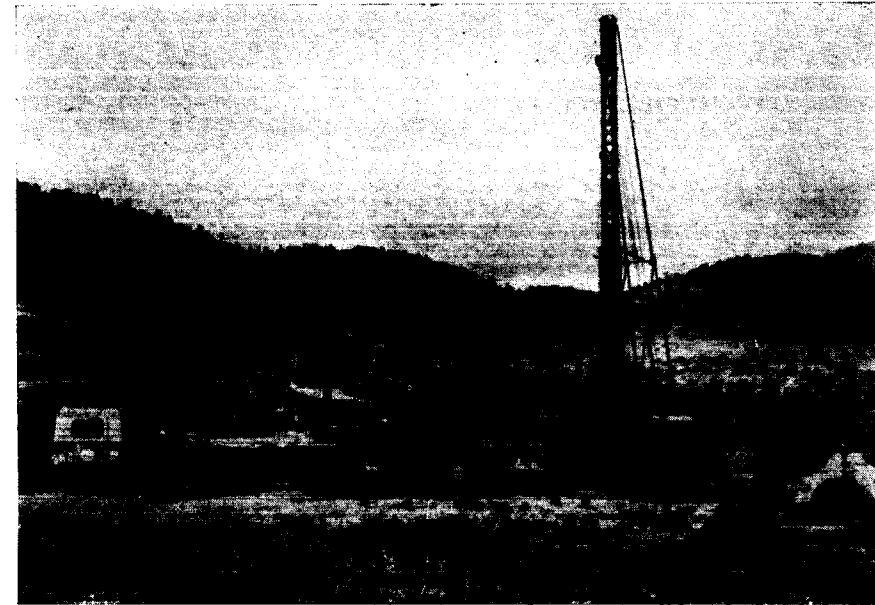
ESTUDIOS Y PROYECTOS - VALORACIONES -
ASESORIA TECNICA - GEOLOGIA ECONOMICA -
GEOFISICA

TESTIFICACION Y MEDIDA DE INCLINACION
Y RUMBO DE SONDEOS

GEOQUIMICA - ANALISIS DE AGUAS - TOMA
DE MUESTRAS - AFOROS

CONSULTAS SIN COMPROMISO

SONDEOS RODES



Sondeos para alumbramientos de aguas
Estudios hidrogeológicos.

Acidificaciones y cimentaciones de sondeos.

Equipos de perforaciones a percusión y rotación
para profundidades hasta 1.400 m.

■ ■ ■

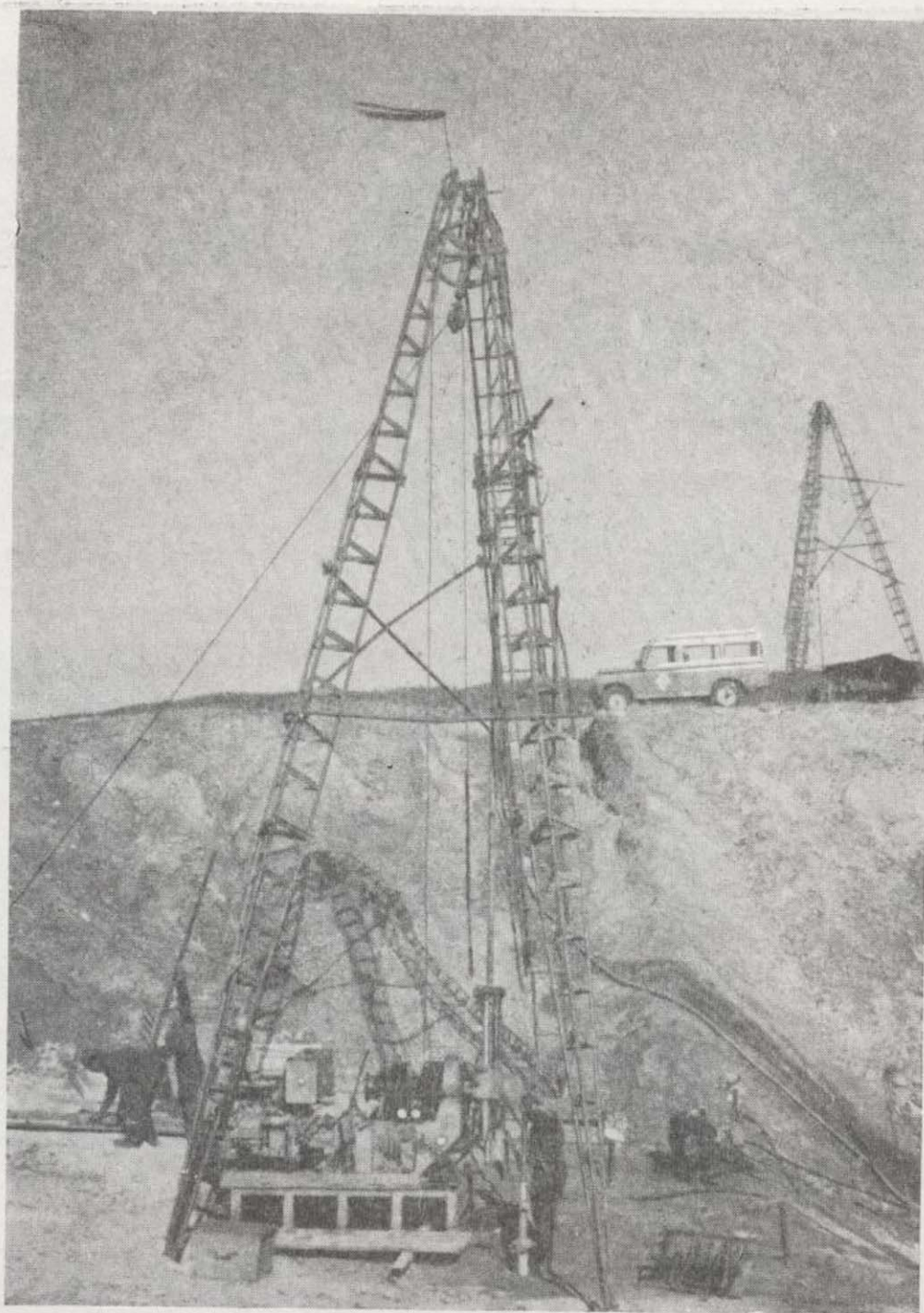
Consultenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria

■ ■ ■

ERNESTO RODES MARTI

Avda. José Antonio, 21 - Apartado 130 - Teléfono 359
VILLENNA (Alicante)

TERRATEST SU AUXILIAR EN LA INVESTI- GACION MINERA



TERRATEST, S. A.

Estudios Geológicos y Geofísicos. - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

Perforación y Sondeos de Exploración. - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

Estudios y Control de Perforación de Sondeo. - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

Perforación de Producción. - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

Servicios a la Industria de la Construcción. - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y serrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

TERRATEST, S. A. Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

**EDICIONES
DEL
SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA**

Economía Industrial: Revista mensual.

Información Estadística de Minas y Energía: 10 núms. anuales

Estadística Minera de España: Edición anual.

Estadística de Consumo de Carbones: Edición anual.

Estadística de producción de Carbones: Edición anual.

Memoria del Cemento: Edición anual.

Memoria del Cemento natural, Cales y Yesos; Edición anual.

Las 100 grandes Empresas españolas.

Para mayor información y pedidos, diríjase a:

**MINISTERIO DE INDUSTRIA - SERVICIO DE PUBLICACIONES
Claudio Coello, 44 - Teléfonos 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1**

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



**Túnel de Villarino - Salamanca
Inyecciones en el túnel de conducción**

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y MINEROS
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * HIDROGEOLOGIA
- * MICROPILOTES
- * REVESTIMIENTOS DE RESINAS Y GUNITA
- * CONGELACION DE TERRENOS
- * ELECTRO-OSMOSIS

Oficina Central: MADRID-16
Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

BARCELONA 11
Villarroel, 200
Telef. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

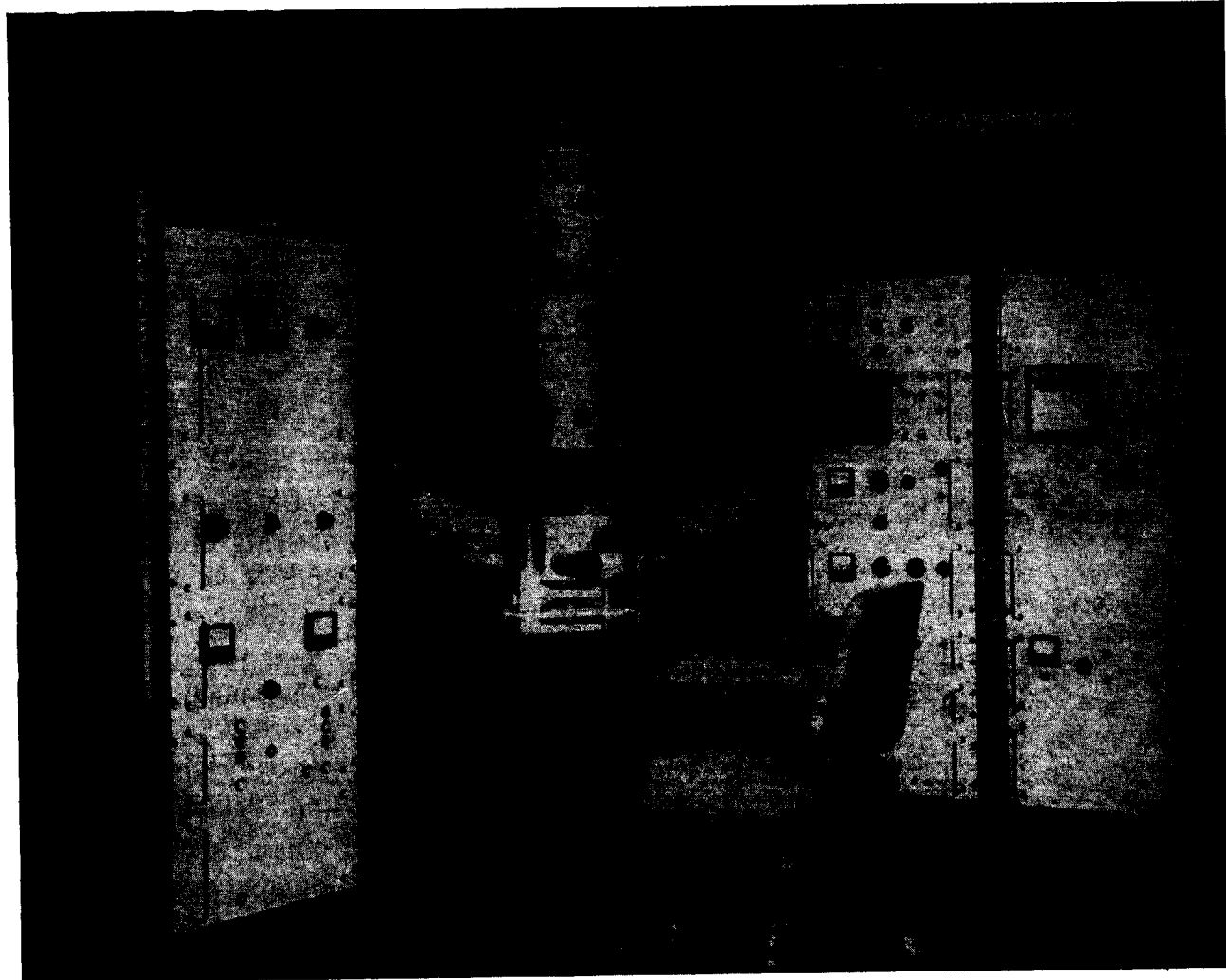
BILBAO 11
Gran Vía, 70
Telef. 41 21 79

SEVILLA
Av. Reina Mercedes, 17, 19
Telef. 61 19 88
Telex 72154 - RODIO e

VALENCIA 9
Avda. Tirso de Molina, 14
Telefs. 65 65 15 y 65 64 88

Representaciones:
BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN, SANTA CRUZ DE TENERIFE

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

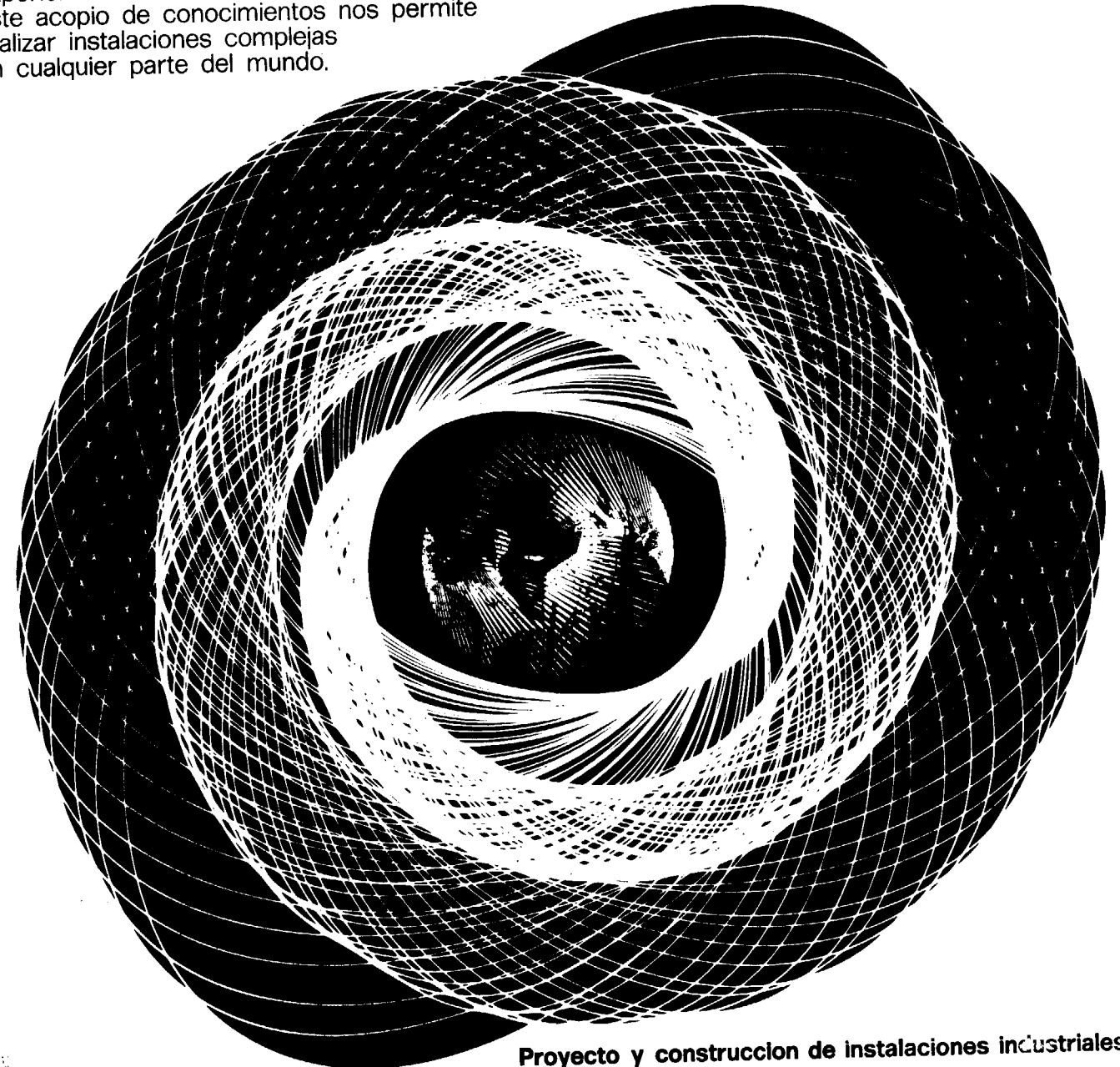
Teléf. 254 22 00

Madrid-3

xperiencia mundial

es característica
de McKee-Ctip

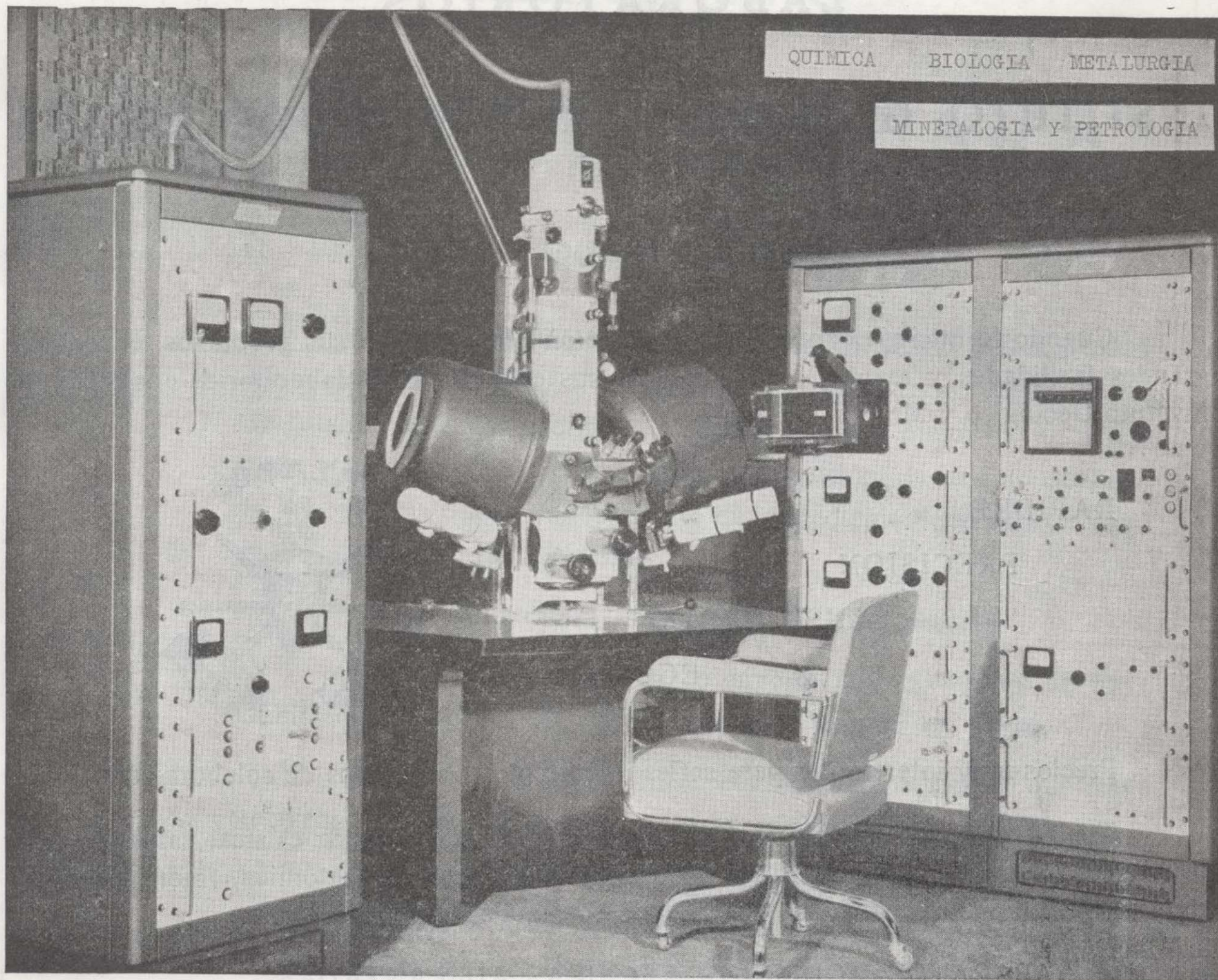
Desde 1905, en sesenta países, hemos adquirido experiencias valiosas. Este acopio de conocimientos nos permite realizar instalaciones complejas en cualquier parte del mundo.



Proyecto y construcción de instalaciones industriales
McKEE-CTIP INGENIEROS SA
Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cable Multibermad
Asociada de
Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa
Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia
Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK,
UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO,
BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE



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

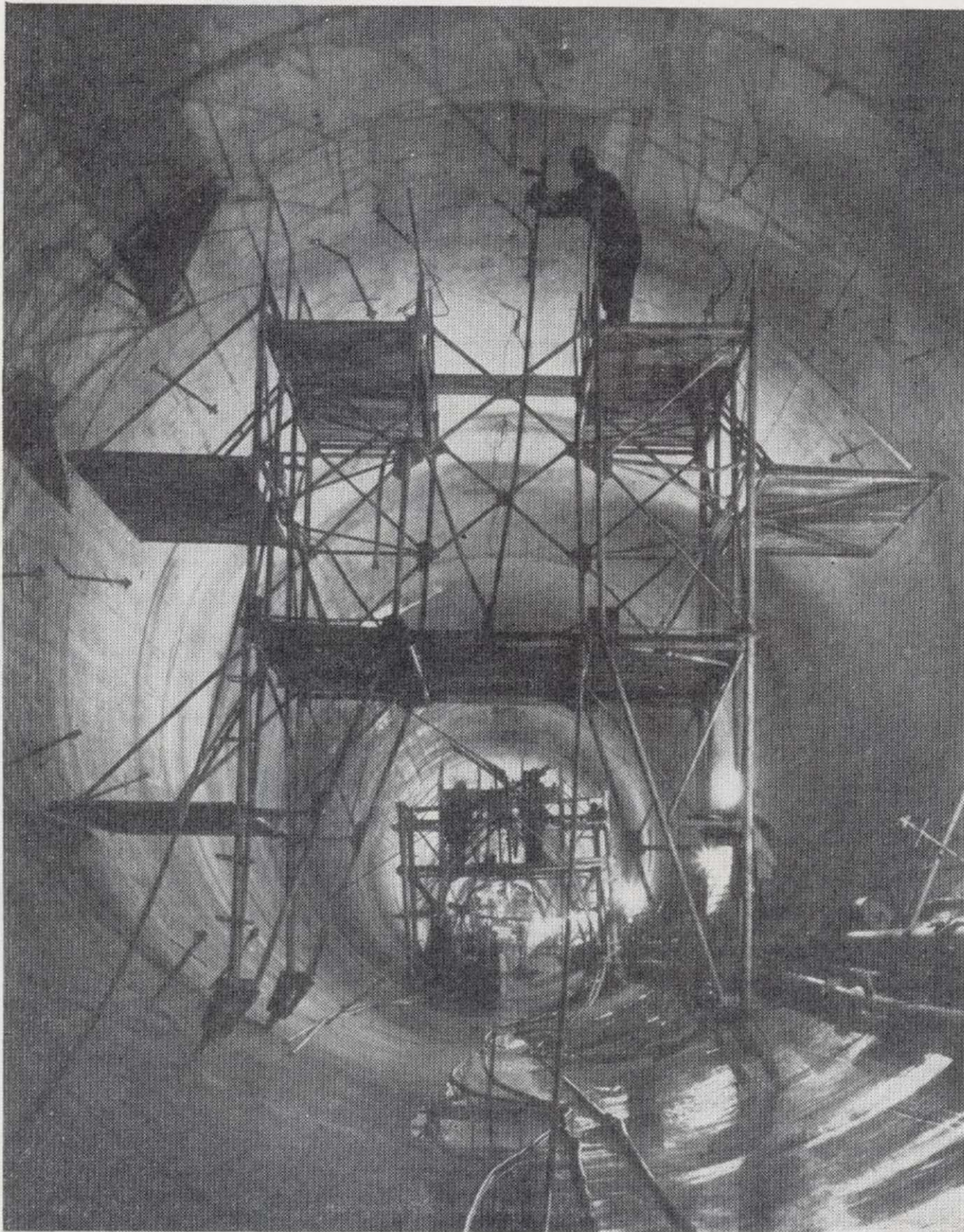
Teléf. 254 22 00

Madrid-3

CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.

PROCEDIMIENTOS

RODIO



Túnel de Villarino - Salamanca
Inyecciones en el tunel de conducción

- * INYECCIONES
- * PILOTES
- * PANTALLAS CONTINUAS
- * ANCLAJES
- * SONDEOS DE RECONOCIMIENTO Y MINEROS
- * LABORATORIO DE GEOTECNIA
- * HIDROGEOLOGIA
- * MICROPILOTES
- * REVESTIMIENTOS DE RESINAS Y GUNITA
- * CONGELACION DE TERRENOS
- * ELECTRO-OSMOSIS

Oficina Central: MADRID-16

Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

BARCELONA - 11

Villarroel, 200
Teléf. 250 79 83
Telex 52243 - RODIO e

BILBAO - 11

Gran Vía, 70
Teléf. 41 21 79

SEVILLA

Av. Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 61 19 88
Telex 72154 - RODIO e

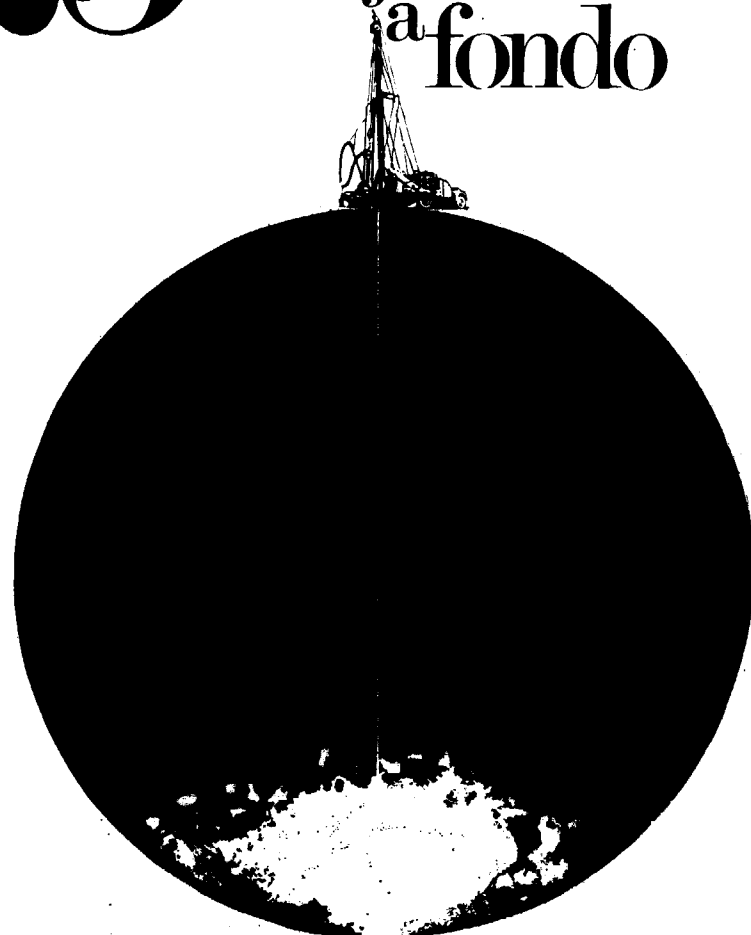
VALENCIA - 9

Avda. Tirso de Molina, 14
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

Representaciones:

BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN, SANTA CRUZ DE TENERIFE

25 AÑOS
trabajando
a fondo



Un limpio y firme historial en trabajos de perforaciones para alumbramiento de aguas subterráneas, cuyos resultados son:

- más de 300.000 metros perforados.
- cientos de miles de metros cúbicos de agua alumbrados.
- millones de pesetas de riqueza creada.

Con espíritu de superación, eficacia y consiguiente mejora de precios, nuestros equipos móviles y autónomos están a su servicio en todas las regiones.

Solicite información sin compromiso a:



Parque de las Naciones
C/. Guzmán el Bueno, 121 - Tel. 253 42 00 - Madrid-3

Tomo LXXXIII

Fascículo IV

Julio-Agosto 1972

Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	F. MELÉNDEZ HEVIA y J. RAMÍREZ DEL POZO: El Jurásico de la Serranía de Cuenca	1
	A. BATLLE, C. FELGUEROSO y J. FUSTER: Presencia de calizas del Cretáceo superior en el extremo suroeste de la Sierra Norte de Mallorca (Balears)	31
	A. E. MAXWELL, R. P. VON HERZEN, K. J. SHÜ, J. F. ANDREWS, T. SAITO, S. E. PERCIVAL JR., E. D. MILOW y R. E. BOYCE: Sondeos de mar profundo en el Atlántico meridional	39
	A. G. FISCHER, B. C. HEEZEN, R. E. BOYCE, D. BERRY, R. G. DOUGLAS, R. E. GARRISON, S. A. KLING, V. KRASHENINIKOV, A. P. LISITZIN y A. C. PIMM: Historia geológica del Pacífico nord-occidental	59
Minería	F. VÁZQUEZ GUZMÁN: Génesis de la mina «María Luisa», La Nava (Huelva, España). Una mineralización zonada	65
Aguas subterráneas	C. BENCOMO: Bombeo de ensayo a caudal crítico en un pozo	75
Estudio de minerales y rocas	V. SÁNCHEZ CELA y A. APARICIO YAGÜE: Petrogénesis de las rocas básicas del SW de España (Sierra Morena occidental)	90
	V. SÁNCHEZ CELA y A. APARICIO YAGÜE: Nuevas consideraciones petrogenéticas sobre las rocas gneísicas y «porfiroides» localizadas en la alineación estructural «Almendralejo-Azuaga» (Badajoz)	95
Información	Los recursos mineros de Teruel y su Investigación. Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas	108

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid - 3
Teléfono 234 13 28

ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid - 2
Teléfono 276 20 01

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

SP

SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

Anticlinal simétrico en la alternancia de calizas dolomíticas y dolomías del Lias inferior
(Sinemuriense-Pliensbachiense inferior). «Estrecho de Beteta» (Serranía de Cuenca).

(Foto F. Meléndez)

Depósito Legal M. 5.279.-1958

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCÍA MORATO, 122, TELÉFONO 233 06 19.—MADRID

El Jurásico de la Serranía de Cuenca

por F. MELENDEZ HEVIA (*) y J. RAMIREZ DEL POZO (**)

RESUMEN

El Jurásico aflora ampliamente en la Serranía de Cuenca, pero aparece generalmente incompleto, debido a la erosión Neocimérica. Se puede dividir en siete unidades litológicas, entre las que se reconocen el Hettangiense, Sinemuriense, Pliensbachiense, Toarciense, Bajociense, Bathoniense y Oxfordiense, quedando dudosa la existencia del Calloviense, Kimmeridgiense y Portlandiense. Mientras el Lías y Dogger presentan facies muy uniformes, que se pueden correlacionar con otras regiones de la Cordillera Ibérica, el Malm presenta importantes cambios, existiendo también facies salobres «Purbeck».

RÉSUMÉ

Le Jurassique affleure largement dans la Serranía de Cuenca, mais il apparaît généralement incomplet, dû à l'érosion Neokimmerique. On peut le diviser en 7 unités litologiques, entre lesquelles on peut reconnaître l'Hettangien, le Sinemurien, le Pliensbachien, le Toarcien, le Bajocien, le Bathonien, l'Oxfordien, mais il reste en doute l'existence du Callovien, Kimmeridgien et Portlandien. Tandis que le Lias et le Dogger présentent facies très uniformes, qu'on peut les corrélationner avec d'autres régions de la Cordillera Ibérica, le Malm présente d'importants changements en existant aussi des facies salobres «Purbeckien».

1. SITUACIÓN

El Jurásico aflora ampliamente en la Serranía de Cuenca, habiéndose escogido para su estudio la zona comprendida entre Beteta y Cuenca (figura 1). El fuerte relieve permite la obtención de buenos cortes (figs. 2 a 6), aunque en muchos casos éstos son parciales o aparecen tectonizados. El estudio se ha realizado sobre seis columnas estratigráficas, que hemos seleccionado entre todas las levantadas, por ser las más representativas del Jurásico de esta región (fig. 7).

El levantamiento de los cortes en campo y el estudio de la macrofauna ha sido realizado por F. Meléndez, y el estudio de las microfacies y las microfaunas por J. Ramírez del Pozo. Se ha contado también con la valiosa colaboración de

don Antonio Goy en las determinaciones de Ammonites y Braquiópodos, a quien agradecemos su ayuda.

2. ANTECEDENTES

Son muy numerosos los autores que han estudiado esta región ya desde el siglo pasado, habiéndose determinado gran número de especies y de pisos estratigráficos. Precisament por la abundancia de fósiles que contiene en algunos niveles, es sin duda el Jurásico el sistema más conocido y mejor determinado en la Serranía de Cuenca.

Entre estos autores merecen citarse Cortázar (1875), que localiza algunos yacimientos y cita varios pisos de Lías; Mallada (1885, 1902); Richter y Teichmüller (1933), que hacen una división del Jurásico en pisos, dividiendo el Lías en tres grandes conjuntos litológicos y no citando el Dogger y Malm; Ríos, Garrido y Almela (1944), que dividen el Jurásico del borde de la Serranía

* Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias, Madrid.

** Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A. Vitoria.

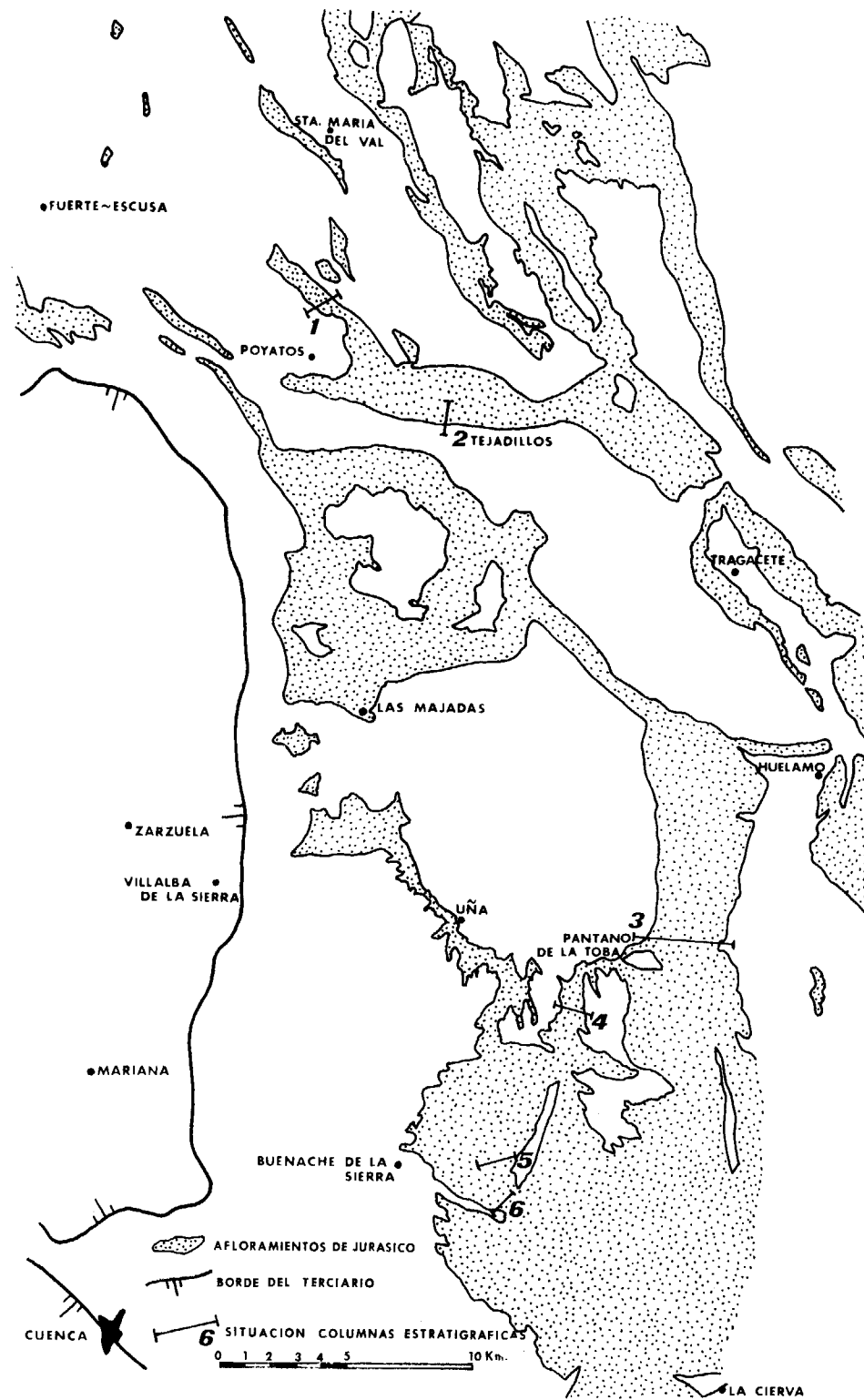


Fig. 1.—Distribución de los afloramientos de Jurásico en la Serranía de Cuenca y situación de los cortes.

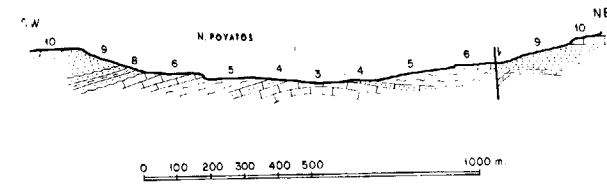


Fig. 2.—Corte geológico al N. de Poyatos. (Explicación de las figuras 2 a 6): 1, Keuper; 2, «carniolas»; 3, Sinemuriense-Pliensbachiense inferior; 4, «calizas lumaquéllicas» del Pliensbachiense superior; 5, «margas con Ammonites» del Toarciense; 6, «calizas tableadas» del Dogger; 7, Malm; 8, Cretácico inferior de «Facies Weald»; 9, formación «Utrillas»; 10, Cenomanense.

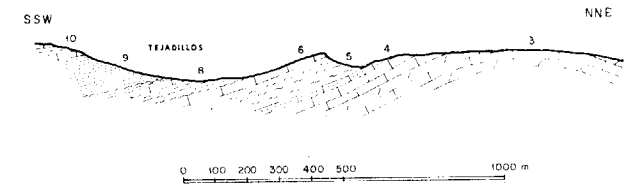


Fig. 3.—Corte geológico por «Tejadillos».

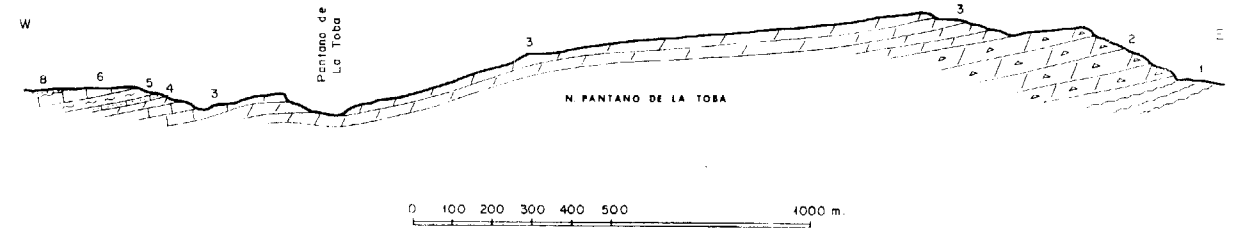


Fig. 4.—Corte geológico al N. del pantano de La Toba.

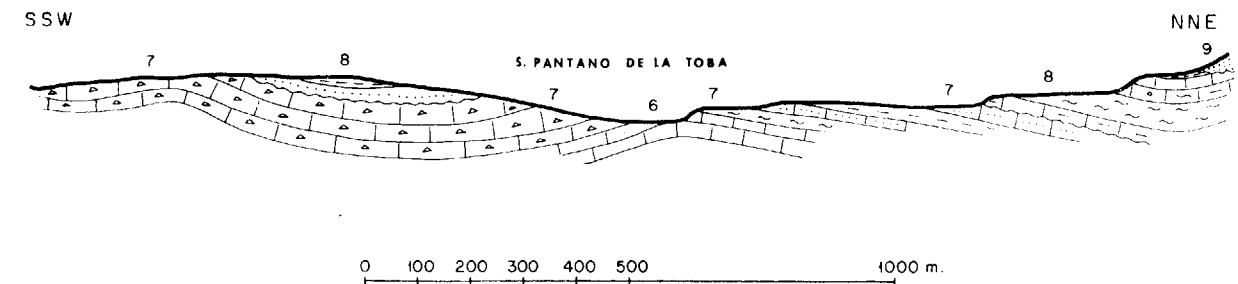


Fig. 5.—Corte geológico al S. del pantano de La Toba.

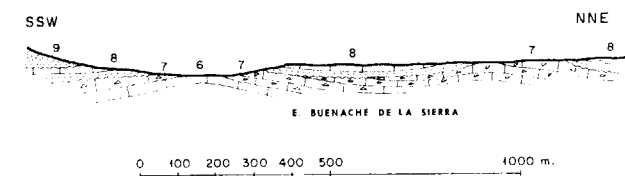


Fig. 6.—Corte geológico al E. de Buenache de la Sierra.

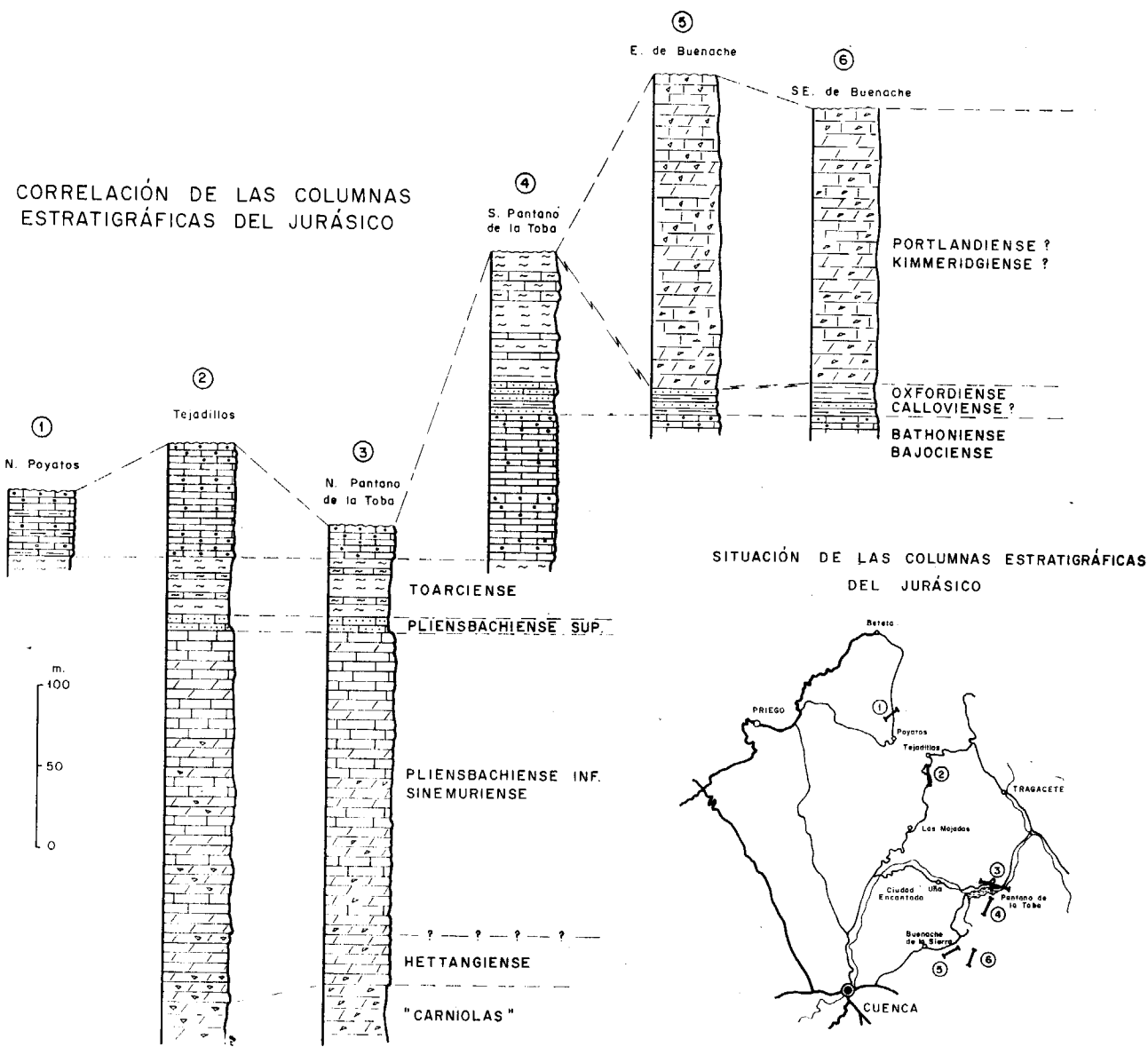
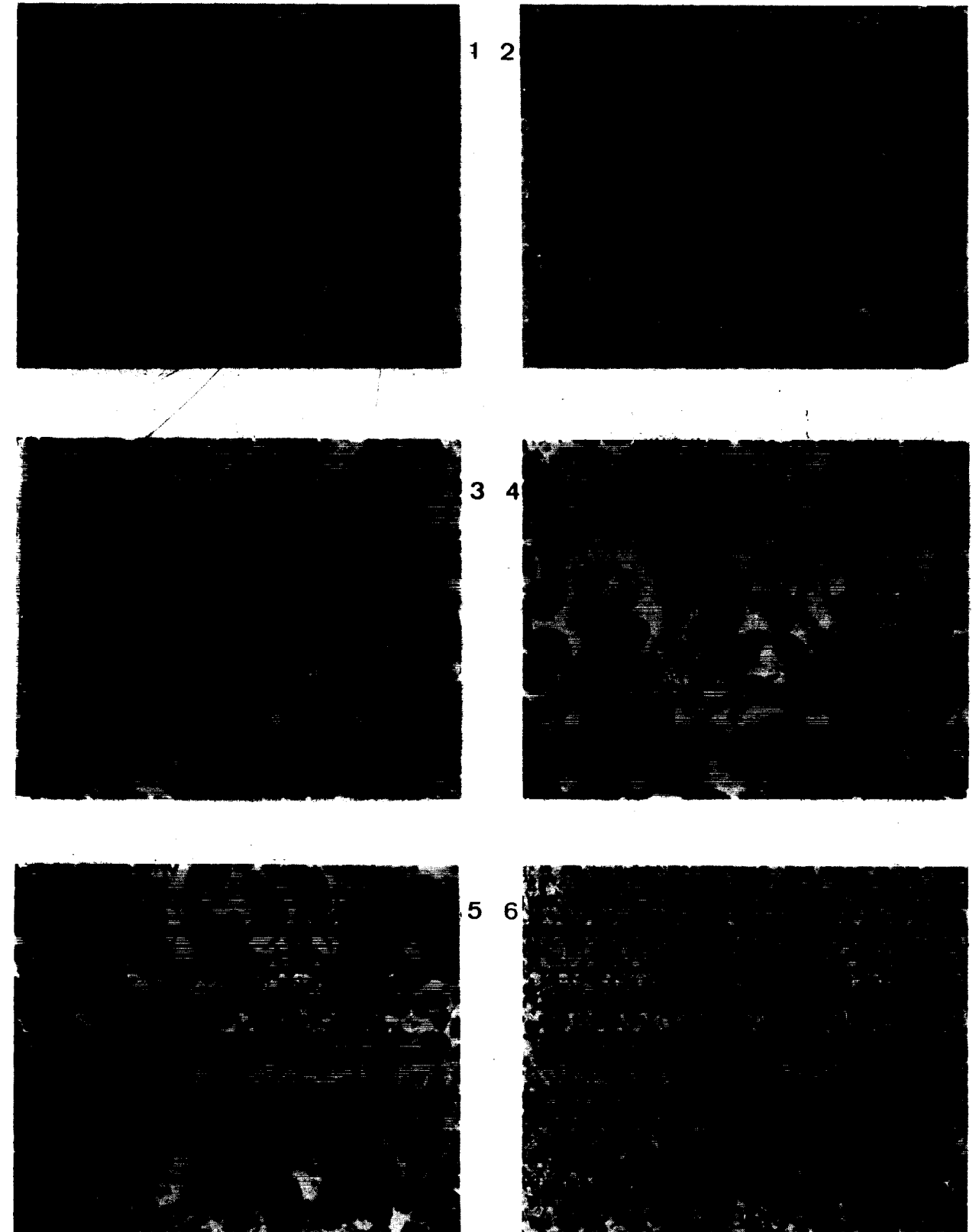
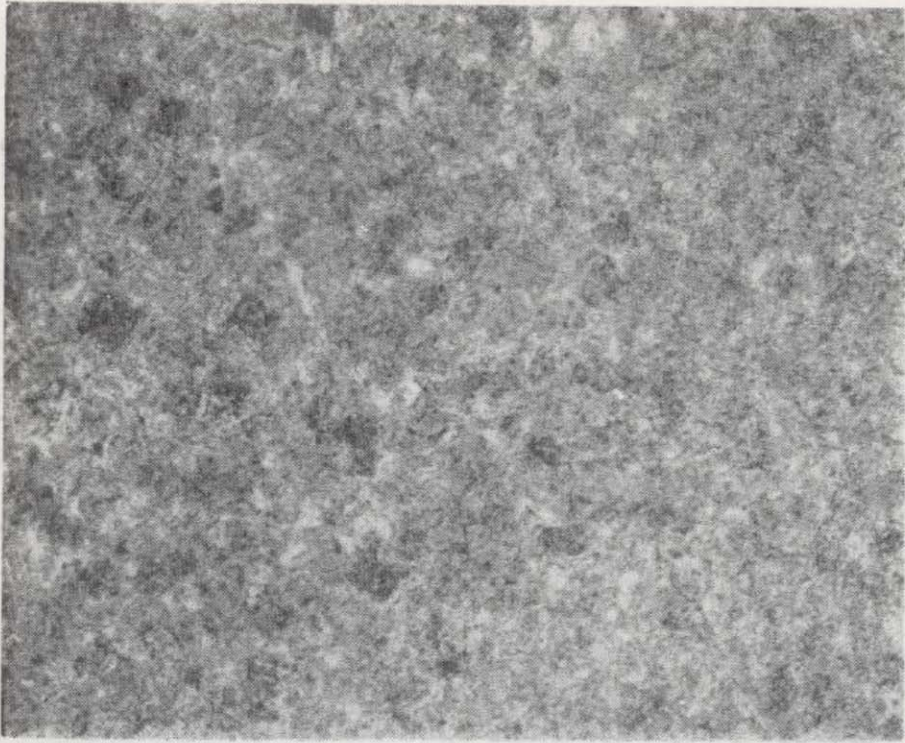


Fig. 7.—Correlación de las diferentes columnas estratigráficas.

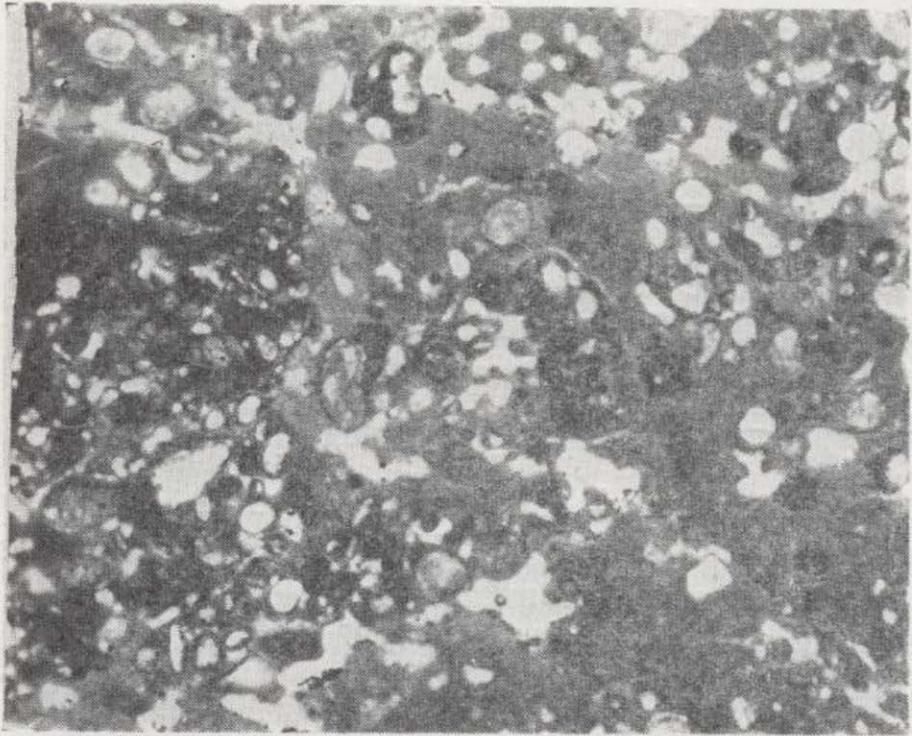
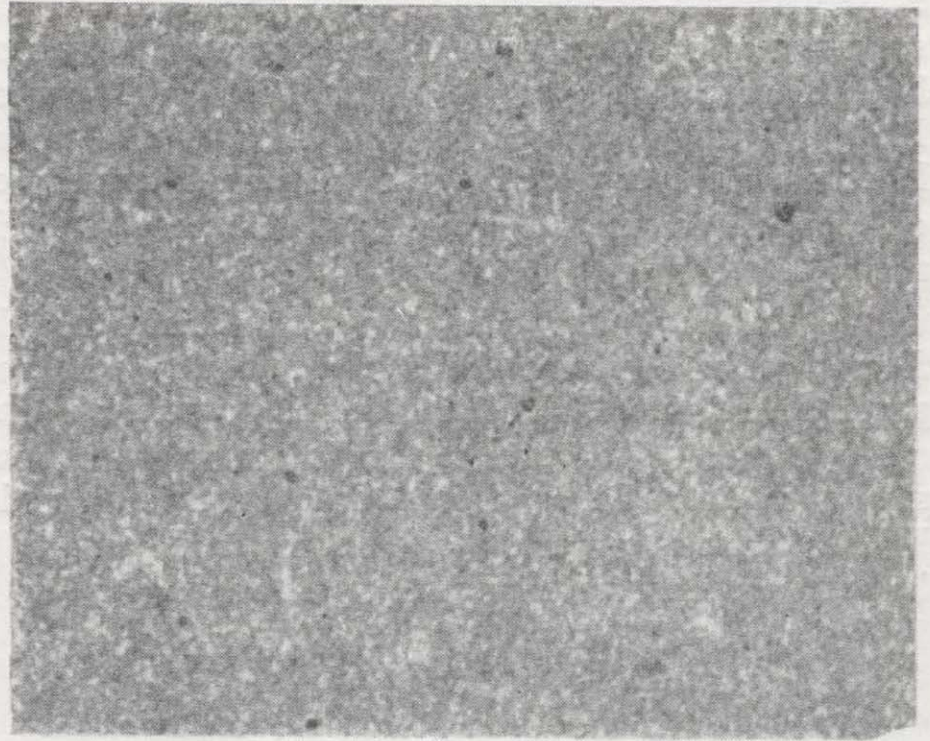
LAMINA 1

1. Dolomía gruesa. Cristales idiomórficos de dolomita. Sin fósiles.
N. pantano de la Toba (× 18).
«Carniolas» (Retiense-Hettangiense inferior).
2. Caliza microdolomítica. Sin fósiles.
N. pantano de la Toba (× 18).
«Calizas y dolomías del Lías inferior» (parte basal, probable Hettangiense).
3. Caliza microcristalina, arenosa, con algunos «graveles». *Ammobaculites*, Ostrácodos y raros Gasterópodos.
N. pantano de la Toba (× 18).
- 4-5. Biopel (gravel) micrita, con algunos pseudoolitos, matriz recristalizada (pseudoesparita). *Ammobaculites*, *Caryusia*, *Glomospira*, restos de Moluscos y de Crinoides.
Tejadillos (× 18).
6. Pelmicrita (los pellets pueden ser de recristalización).
Pequeños restos de Crinoides.
Tejadillos (× 18).
«Calizas y dolomías del Lías inferior» (parte media, probable Sinemuriense).

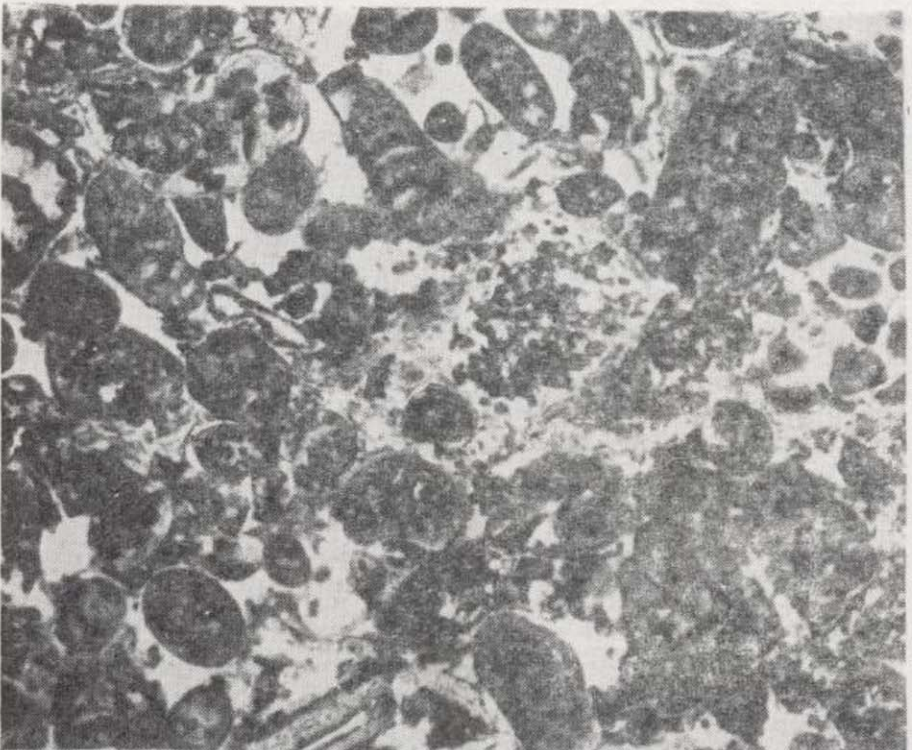
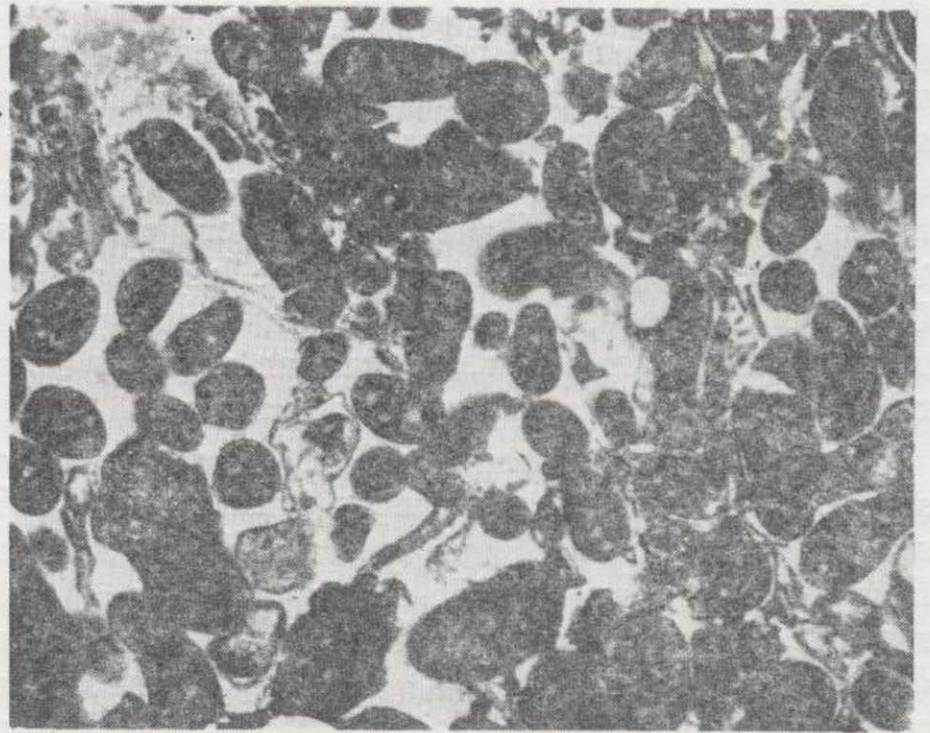




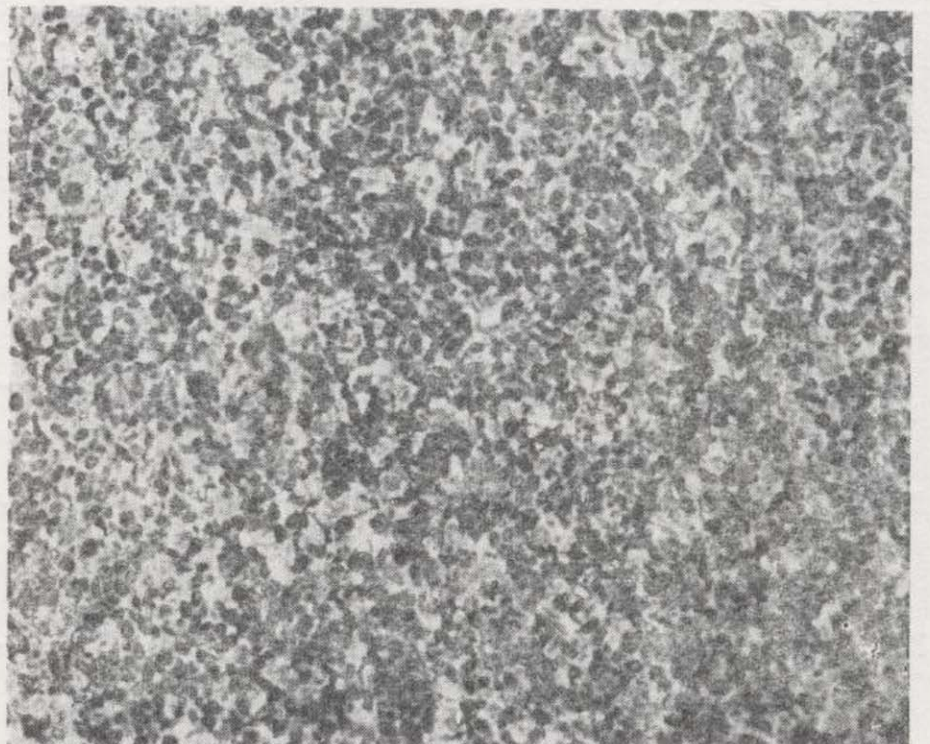
1 2



3 4



5 6



de Cuenca en Lías y Dogger; Kindelán (1946); Riba y Ríos (1960-62), que en su síntesis sobre el sector sur-occidental de la Cordillera Ibérica subdividen el Jurásico en tres tramos: «carniolas», Lías calcáreo-margoso fosilífero y Dogger-Malm, detrítico y oolítico, y finalmente Gaibar-Puertas y Geyer (1969), uno de cuyos cortes, el del pantano de la Toba, es similar al nuestro, número 3.

El Jurásico de las regiones más próximas a la Serranía de Cuenca ha sido objeto de estudio por parte de Riba (1959, Sierra de Albarracín); Behmel y Geyer (1966), que estudian muy detalladamente el Lías de la Sierra de Albarracín, y de Villena, Ramírez del Pozo, Linares y Riba (1971), la zona de Molina de Aragón, entre otros.

3. SITUACIÓN GENERAL

El Jurásico se presenta en la mayor parte de la Serranía de Cuenca de un modo incompleto, pues aparece afectado por varias fases de plegamiento y erosión antes del Albense, que lo arrasaron más o menos intensamente, a veces en su totalidad. Estas dos fases son la Neocimérica, entre el Jurásico y el Cretácico inferior, y la Austriaca, antes de la sedimentación de las «facies de Utrillas». De las dos, se manifiesta con mayor intensidad la Neocimérica, aunque en algunos lugares pueden llegar a superponerse ambas.

Su efecto es claramente visible, al aparecer erosionados lateralmente distintos tramos del Jurásico y ser así variable el sustrato del Cretácico. Este fenómeno no ha sido reconocido hasta fecha reciente, suponiéndose que se debía a lagunas sedimentarias. De este modo, tenemos que los tramos inferiores del Jurásico están casi siempre presentes en todas las zonas de la Serranía, pero los tramos superiores ya están erosionados más irregularmente, y así el Malm sólo existe en la parte sur de la región tratada en esta publicación,

no habiéndose encontrado sedimentos atribuibles a esta edad en el resto de la zona.

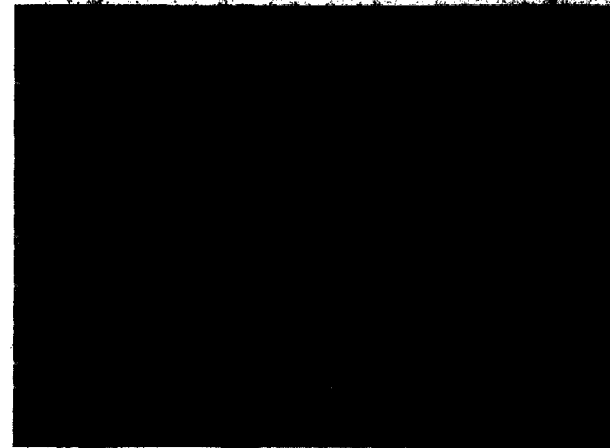


Fig. 8.—«Carniolas» (dolomías cavernosas y brechoideas rojas a grises). N. de Tragacete.

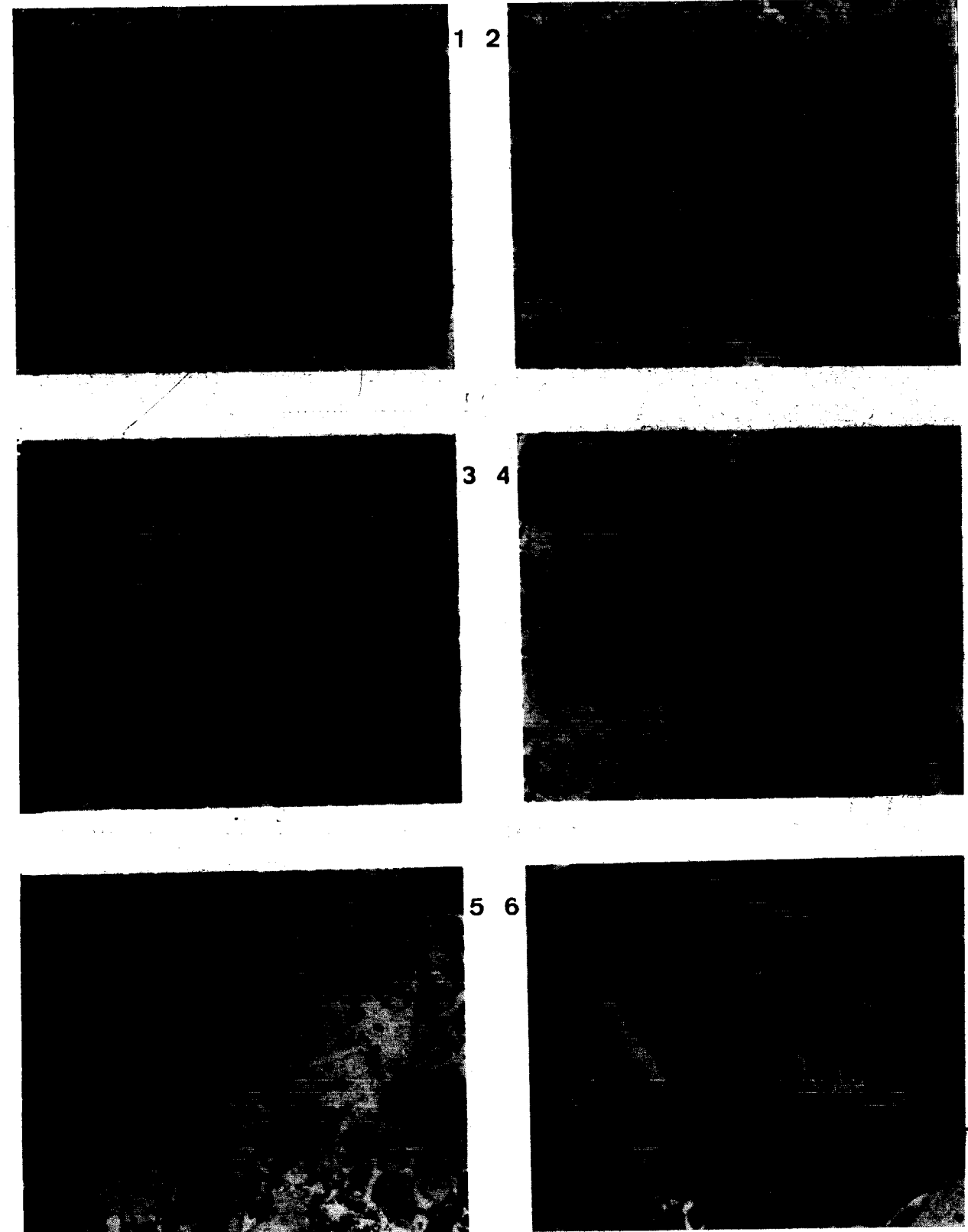
4. DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Del estudio de las distintas columnas estratigráficas (fig. 7) se observa que aparece individualizado de una manera regional en una serie de tramos litológicos que presentan una gran constancia de facies a lo largo del Lías y Dogger, no sólo en la Serranía de Cuenca, sino en la mayor parte de la Cordillera Ibérica, por lo que se les puede aplicar la denominación de «facies Ibérica», generalmente diferente de la de otras cordilleras (Cantábrica, Pirineos, Bética, etc.). En el Malm aparecen grandes diferencias incluso entre regiones muy próximas, lo que dificulta su comparación y correlación litológica. Los tramos individualizados en la Serranía de Cuenca son de base a techo:

LAMINA 2

1. Caliza microcristalina, con algunos pellets. Ostrácodos y restos de Crinoides.
N. pantano de la Toba (x 30).
«Calizas y dolomías del Lías inferior» (parte superior probable Pliensbachiense inferior).
2. Biomicrita, matriz recristalizada. Abundantes restos de Moluscos y de Crinoides.
N. pantano de la Toba (x 18).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
3. Biomicrita. *Glomospira*, *Dentalina*, Ostrácodos, abundantes restos de Moluscos y de Crinoides.

- Tejadillos (x 18).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
- 4.5. Biomicrita. *Lenticulina*, *Lingulina* gr. *pupa* Terq., Valvulinidos, restos de Moluscos y de Crinoides.
N. pantano de la Toba (x 18).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
6. Biomicrita arcillosa. *Lenticulina*, abundantes restos de Moluscos y radiolas, artejos y restos de Crinoides.
Tejadillos (x 18).
Margas con Ammonites» (Toarciense inferior).



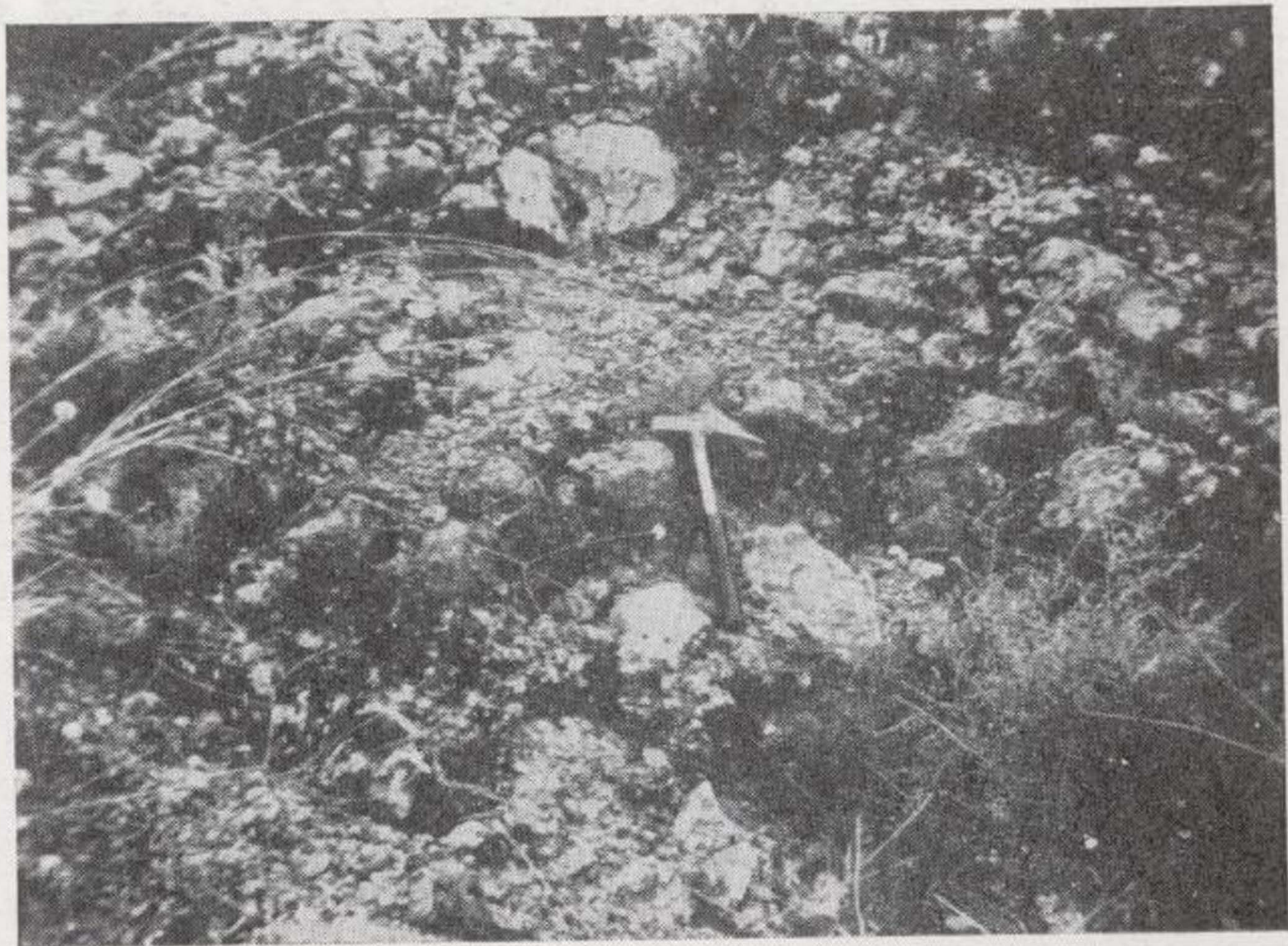
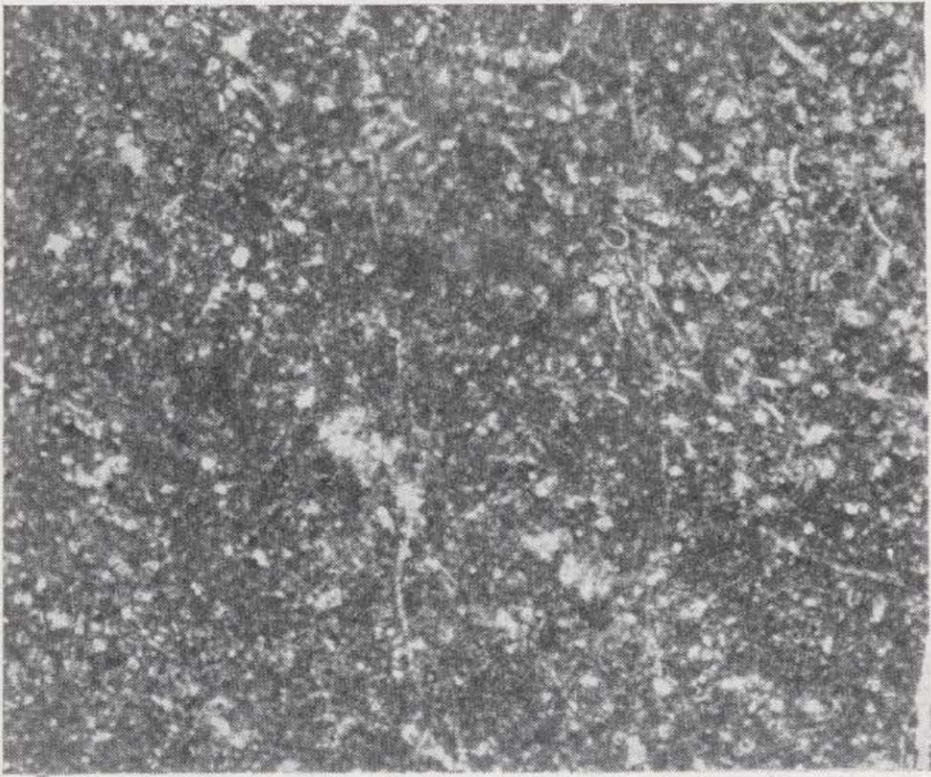
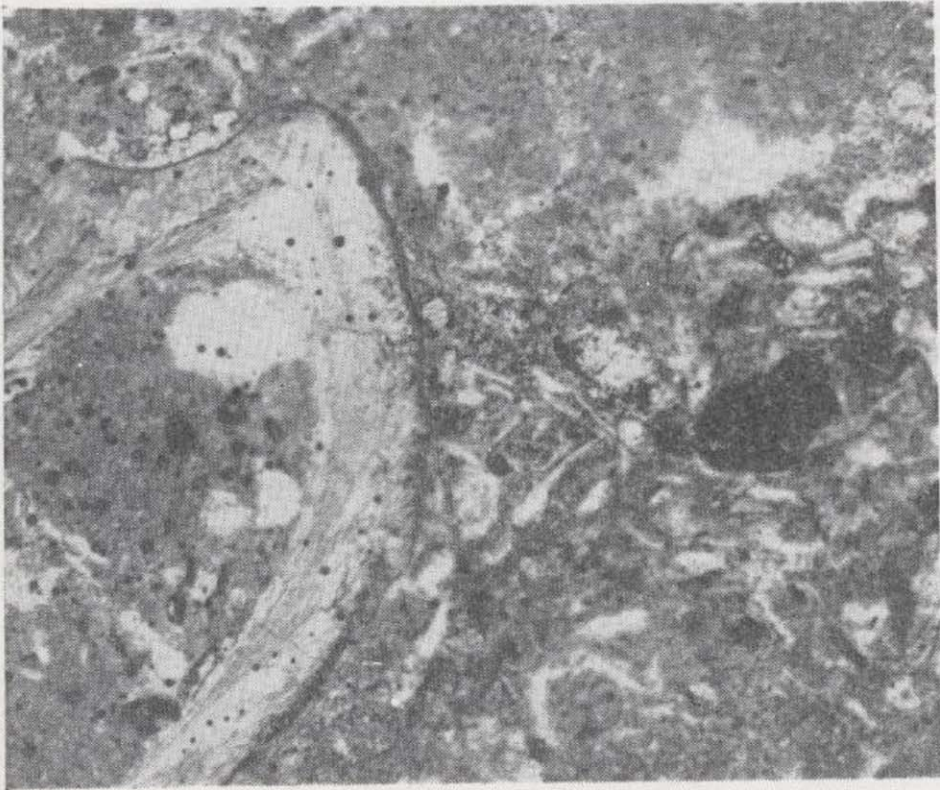


Fig. 8.—«Carniolas» (dolomías cavernosas y brechoideas rojas a grises). N. de Tragacete.



1 2



3 4



5 6



a) *Carniolas*.

Constituyen la base de la serie Jurásica y están colocadas directamente sobre el Keuper. Son dolomías brechoideas y cavernosas, de color gris



Fig. 9.—Dolomías y calizas dolomíticas del Sinemuriense-Piensbachiense inferior. Carretera de Fuerte-Escusa a Poayatos.

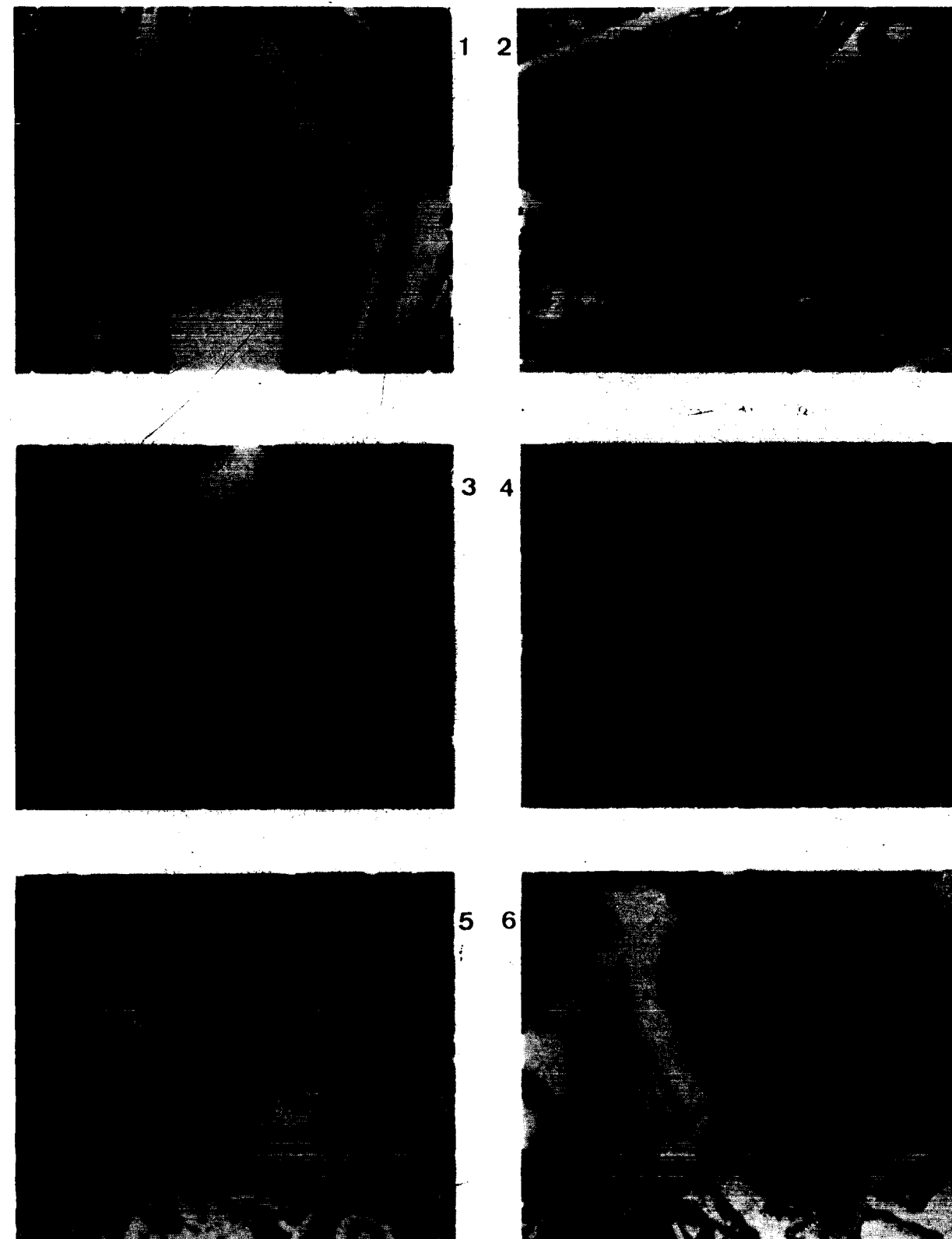
oscuro a rojo (fig. 8). Son muy cristalinas y carecen totalmente de fauna, pero se asignan siguiendo los criterios clásicos, al Hettangiense, aunque quizá incluyan también el Retiense. Se sitúan, por tanto, entre el Triásico y el Jurásico, aunque quizás se encuentren más próximas al Jurásico, iniciándose con su deposición el ciclo sedimentario del Jurásico. Su potencia deposicional oscila entre 115 y 165 m., aunque en algunos

lugares sólo quedan por la erosión Neocimérica unos 50 m. de potencia residual.

b) *Calizas y dolomías del Lías inferior*.

Insensiblemente, y también como cambio lateral, las «carniolas» pasan primeramente a dolomías, que se van estratificando y tableando, hasta que finalmente son sustituidas por calizas, a veces algo dolomíticas. Aparecen en general bien estratificadas, alternando algún banco brechoideo o masivo, así como algunos muy delgados oolíticos (fig. 9). El color del conjunto es gris claro en fractura y gris azulado oscuro en superficie meteorizada. Son generalmente calizas microcristalinas y hacia la parte superior aparecen delgados lechos de arcillas calcáreas de pocos centímetros de potencia y de colores grises. Hacia el NE. este tramo calcáreo aumenta de espesor, teniendo las máximas potencias, de unos 320 metros en un surco de orientación WNW.-ESE., situado en la parte centro-oriental, al ENE. de Las Majadas. La potencia media es del orden de 210-220 m.

Las microfácies proporcionan datos, aunque escasos, por comparación con otras regiones de la Cordillera Ibérica. Su parte basal, dolomítico cristalina, dolomítico gruesa y calcáreo microdolomítica, azoica, parece corresponder aún al Hettangiense. Su parte media y superior, en la que además de las dolomías aparecen calizas microcristalinas, microdolomíticas, biopel y gravel micritas, pelmicritas y niveles arenosos y pisolíticos, podrían corresponder al Sinemuriense y Piensbachiense inferior. En las láminas delgadas se han observado secciones de *Ammobaculites*, *Glomospira*, *Involutina*, *Cayeuxia*, Ostrácodos y restos de Moluscos y Crinoides. Es una microfácies co-



LAMINA 3

1. Biomicrita. *Lenticulina*, *Lingulina*, Ostrácodos, abundantes restos de Moluscos y de Crinoides. Tejadillos ($\times 18$). «Margas con Ammonites» (Toarciense inferior).
2. Calcilitita arcillosa. Biomicrita. Microfilamentos, *Lenticulina*, Ostrácodos, restos de Moluscos. N. pantano de la Toba ($\times 30$). «Margas con Ammonites» (Toarciense).
3. Calcilitita arcillosa. Biomicrita. *Lenticulina*, Valvulínidos, Microfilamentos, Ostrácodos, restos de Moluscos. Tejadillos ($\times 30$). «Margas con Ammonites» (Toarciense).
4. Calcilitita arcillosa, con óxidos de hierro. Micrita fosilífera. Microfilamentos, *Eoithrix alpina* Lomb., Ostrácodos, pequeños restos de Crinoides. Tejadillos ($\times 30$).

5. «Calizas tableadas» (parte inferior, Aaleniense o Bajociense inferior). Intrabiomicrita gruesa, matriz parcialmente recristalizada. *Lenticulina*, tubos de Anélidos, Gasterópodos, Lamelibranquios y restos de Crinoides. S. pantano de la Toba ($\times 18$). «Calizas tableadas» (Bajociense).
6. Intrabiomicrita gruesa, matriz muy recristalizada. *Lenticulina*, Políperos, intraclastos con tubos de Anélidos, Gasterópodos, Lamelibranquios, radiolas y restos de Crinoides. S. pantano de la Toba ($\times 18$). «Calizas tableadas» (Bajociense).

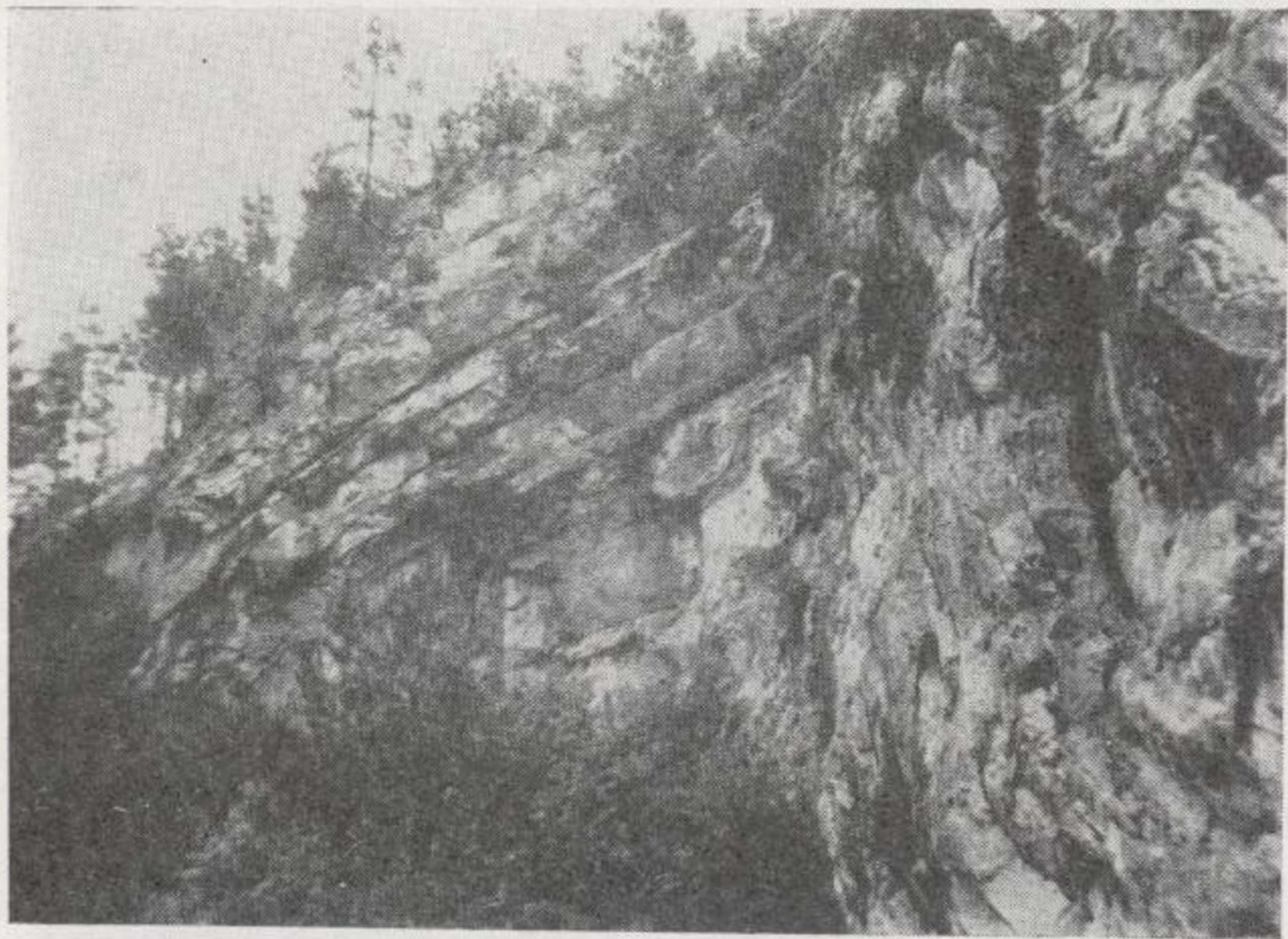
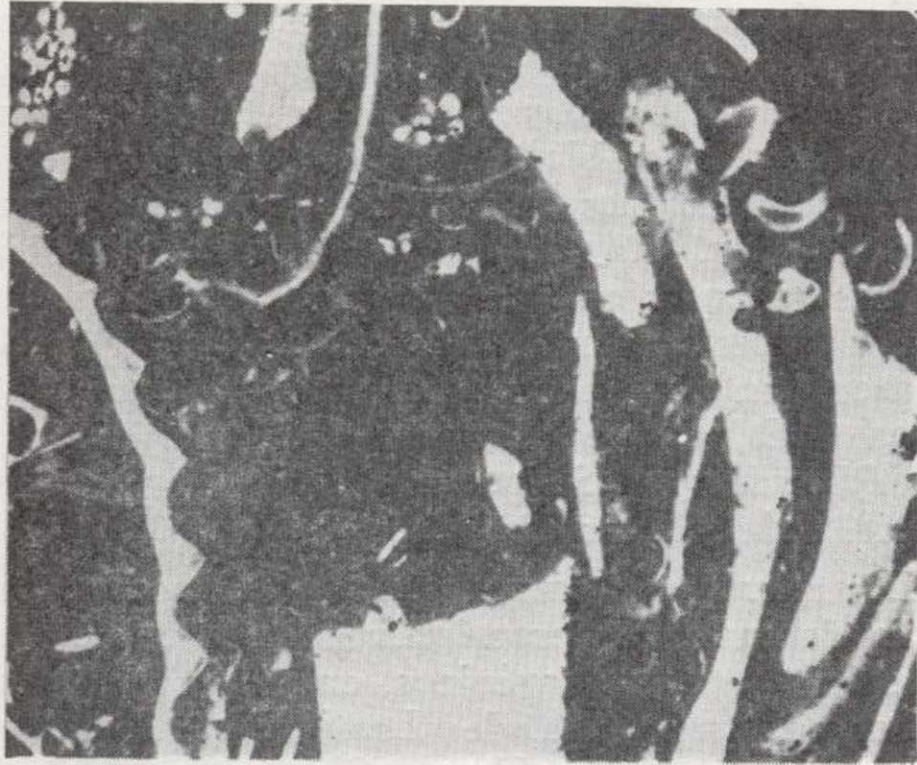
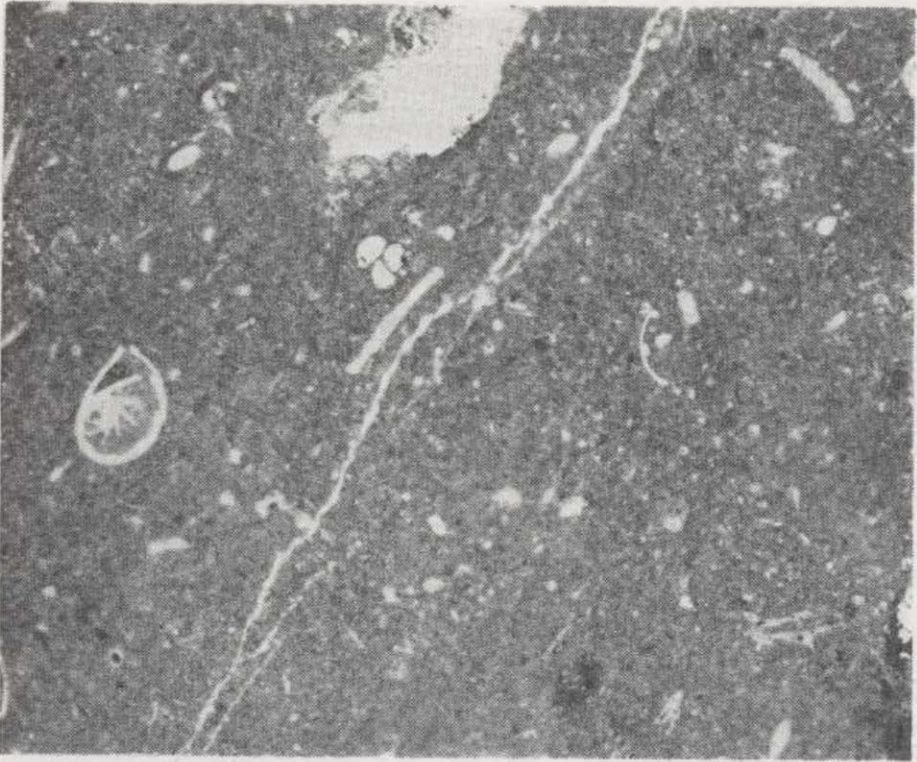
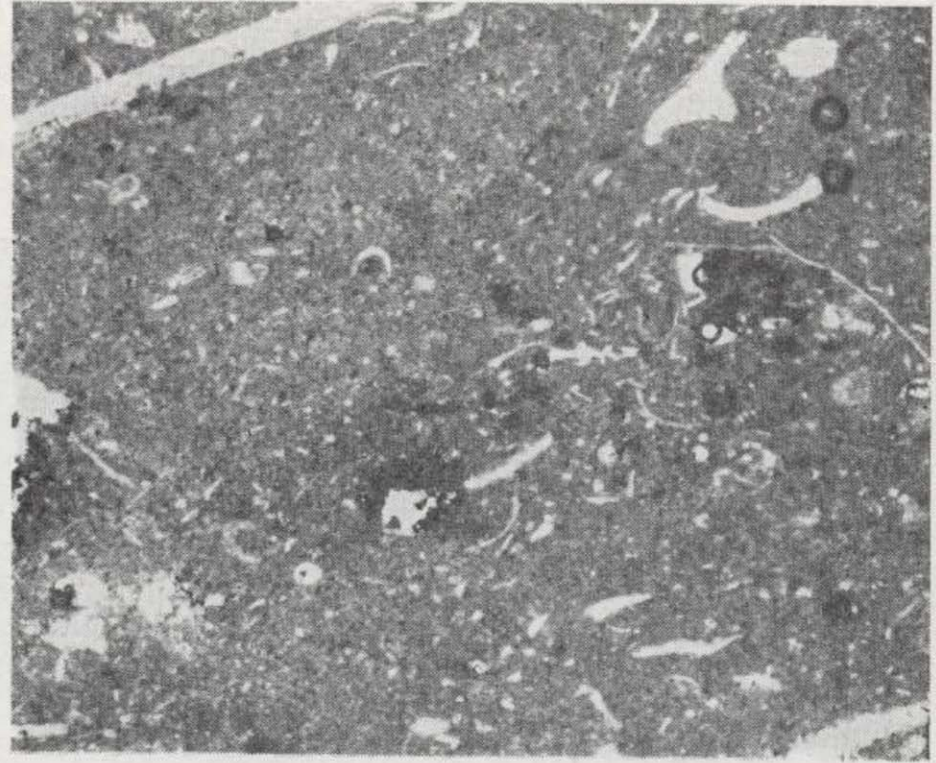


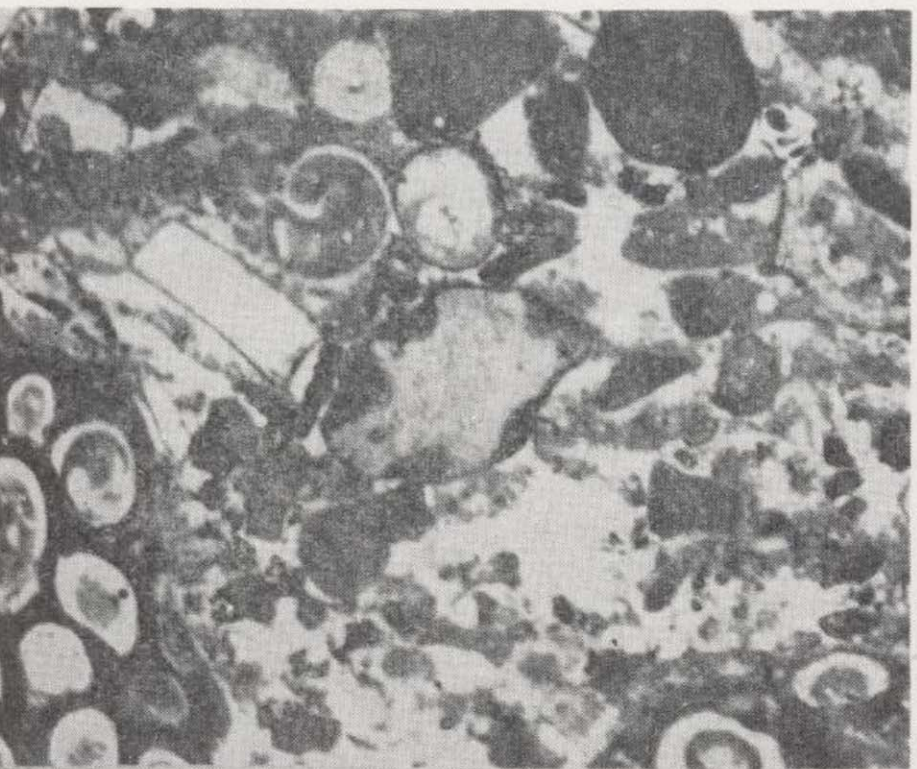
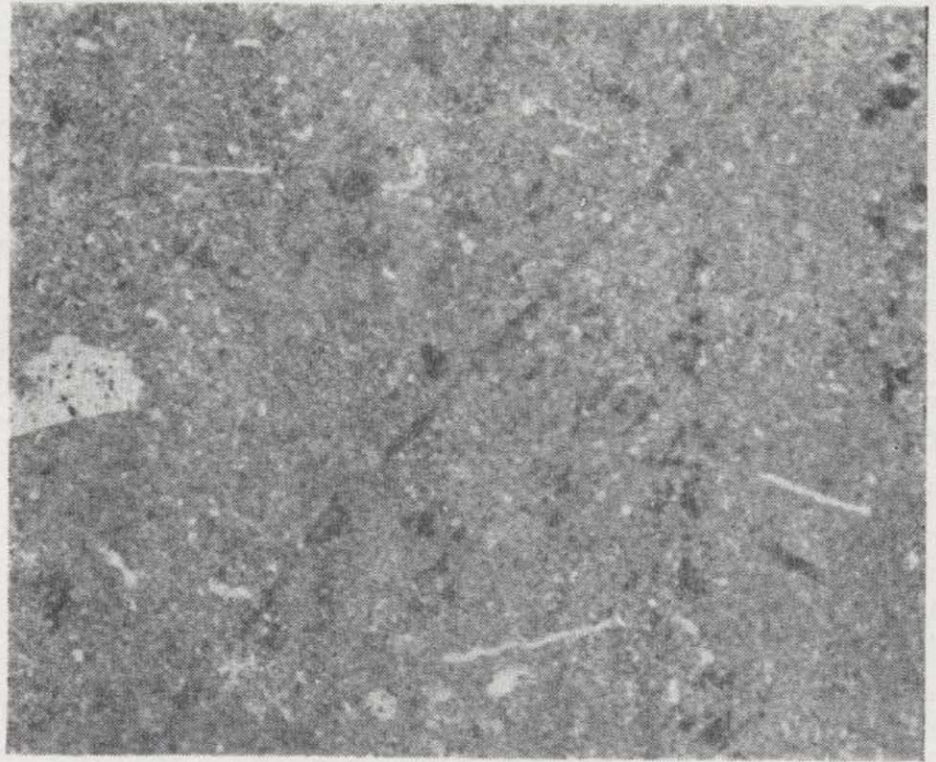
Fig. 9.—Dolomías y calizas dolomíticas del Sinemuriense-Pliensbachiense inferior. Carretera de Fuerte-Escusa a Po-yatos.



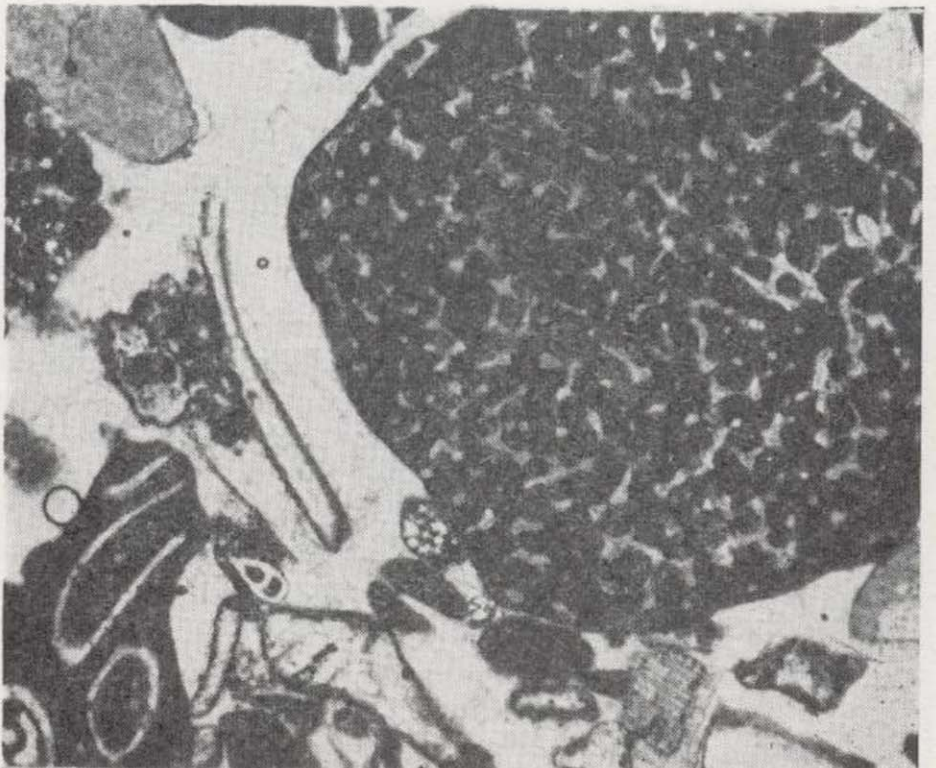
1 2



3 4



5 6



nocida en el Sinemuriense y Pliensbachiense inferior de otras regiones. En estas capas se han encontrado algunos ejemplares de *Pecten*, *Ostrea*, *Terebratula*, *Rhynchonella* y pistas, que debido a la dureza y compacidad de la roca que los contiene, son difícilmente determinables y separables



Fig. 10.—«Calizas lumaquéticas» del Pliensbachiense superior. «Tejadillos».

de la misma. La parte superior calcárea de esta unidad es equivalente del tramo C del Jurásico de la región de Molina de Aragón (Villena, Ramírez del Pozo, Linares y Riba, 1971).

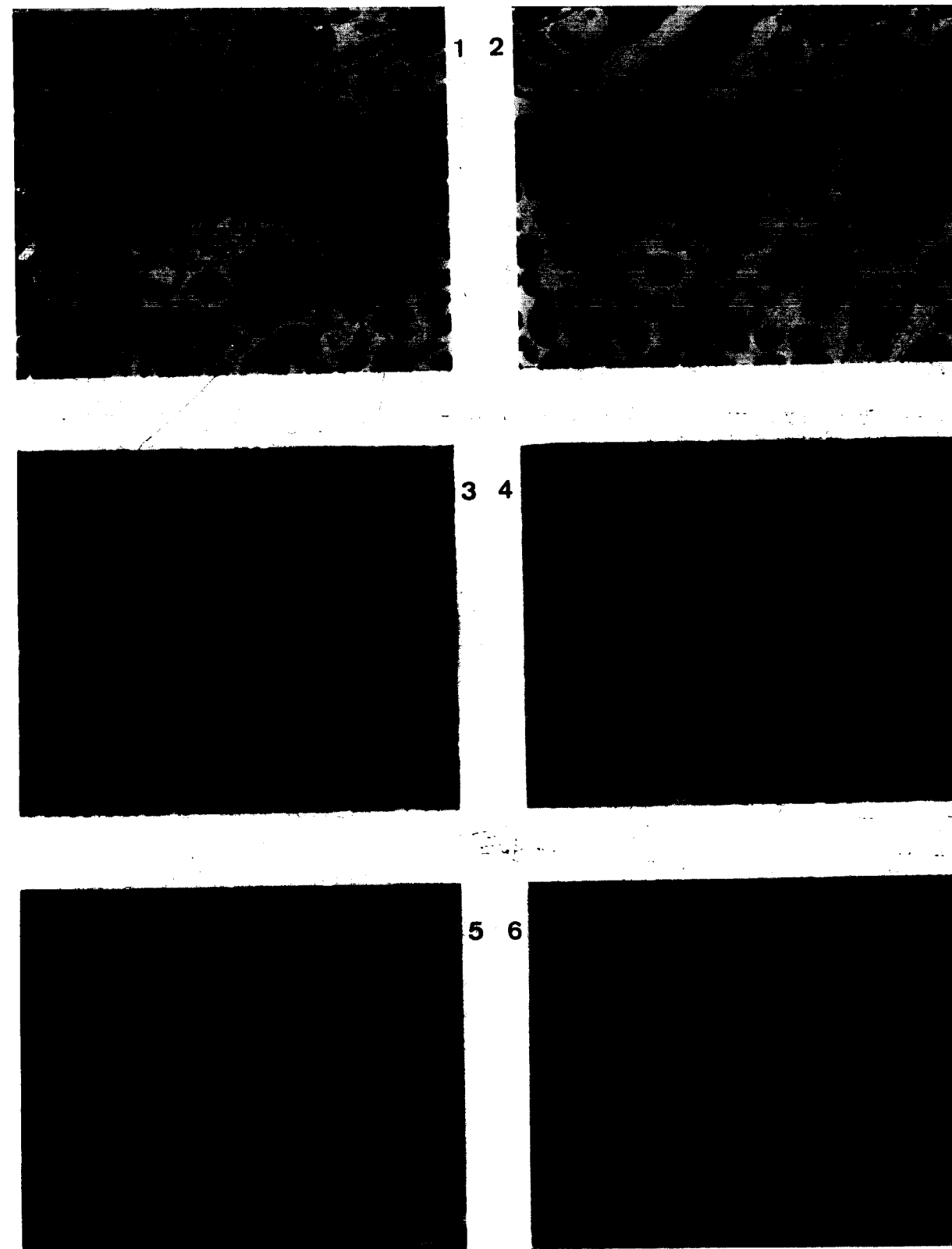
c) *Caliza lumaquética*.

Es una formación muy típica y un nivel guía muy importante en el Jurásico de esta región,

que puede datarse perfectamente merced a los numerosos fósiles que contiene. Está compuesta por calizas lumaquéticas, constituidas casi exclusivamente por conchas y restos de *Braquiópodos*, *Lamelibranchios* y *Belemnites*. Se presenta como una caliza detrítica y biodetrítica de aspecto noduloso con intercalaciones margosas y color ocre a gris azulado (fig. 10). Alternando aparecen también calizas arenosas con granos angulosos de cuarzo, que a veces aparecen dispersos. Hacia el techo aparece un nivel margoso, principalmente en la zona NE., donde abundan extraordinariamente las *Pholadomyas*. Su potencia total, muy pequeña, es del orden de los 10-15 m.

Las microfácies corresponden a calizas lumaquéticas de matriz microcristalina (biomicritas) con abundantes restos orgánicos, entre los que se han observado secciones de *Lenticulina*, *Dentalina*, *Lingulina* gr. *pupa* Terq., *Glomospira*, Valvulinidos, Ostrácodos y sobre todo restos de Moluscos (*Lamelibranchios* y *Gasterópodos*), *Braquiópodos* y *Crinoides*, que son los que le dan el carácter lumaquético a estos niveles.

Entre los numerosos macrofósiles observados predominan los *Braquiópodos* y *Lamelibranchios*, existiendo también representantes de *Gasterópodos*, *Belemnites* y *Crinoides*. Entre las especies más características de las determinadas mencionaremos: *Rhynchonella tetraedra* Sow., *Rh. dumblentonensis* Dav., *Rh. gr. bouchardi* Dav., *Rh. aff. batalleri* Dubar, *Rh. fodinalis* Tate, *Rh. fodinalis* Tate var. *paucicostatae* Cas, Concha y Rev., *Stolmorhynchia bouchardi* Dav., *Terebratula thomarensis* Choff., *T. jauberti* Desl., *Spiriferina* gr. *alpina* Opp., *Lobothyris* gr. *subpunctata* Dav., *L. punctata* Sow., *Pecten priscus* Schloth., *P. acuticostatus* Lam., *P. aequivalvis* Sow., *Entolium disciformis* Schub., *Plicatula spinosa* Sow., *Lima*



LAMINA 4

1. Calcarenita gruesa. Oosparita. *Lenticulina*, *Pfenderina*, *Spirophthalmidium*, algas Dasycladáceas, *Gasterópodos*, restos de *Crinoides*.
S. pantano de la Toba (× 18).
«Calizas tableadas» (parte superior, probable Bathoniense).
2. Oosparita. *Protopenoplis striata* Weynsch., *Nautiloculina oolithica* Mohler, Foraminíferos biseriados (*Pseudochrysalidina*). Valvulinidos, *Actinoporella*, *Gasterópodos* y restos de *Crinoides*.
S. pantano de la Toba (× 18).
«Calizas tableadas» (parte superior, probable Bathoniense).
3. Calcarenita, matriz parcialmente recristalizada. Biomicrita con intraclastos o graveles. *Lenticulina*, *Cornuspira*, *Gasterópodos* y restos de *Crinoides*.
SE. de Buenache (× 18).
«Calizas detríticas del pantano de la Toba (Oxfordiense).

4. Calcarenita gruesa, con grandes oolitos y algunos pisolitos, matriz recristalizada en parte, microcristalina. *Lenticulina*, *Astaculus*, *Gasterópodos* y restos de *Crinoides*.
E. de Buenache (× 18).
«Calizas detríticas del pantano de la Toba» (Oxfordiense).
5. Caliza microcristalina, dismicrítica. Oogonios y restos de *Characeas*.
E. de Buenache (× 18).
«Dolomías y calizas brechoideas de Buenache de la Sierra» (Facies Purbeck).
6. Caliza dolomítica, completamente recristalizada, sin fósiles.
E. de Buenache (× 18).
«Dolomías y calizas brechoideas de Buenache de la Sierra» (Facies Purbeck).

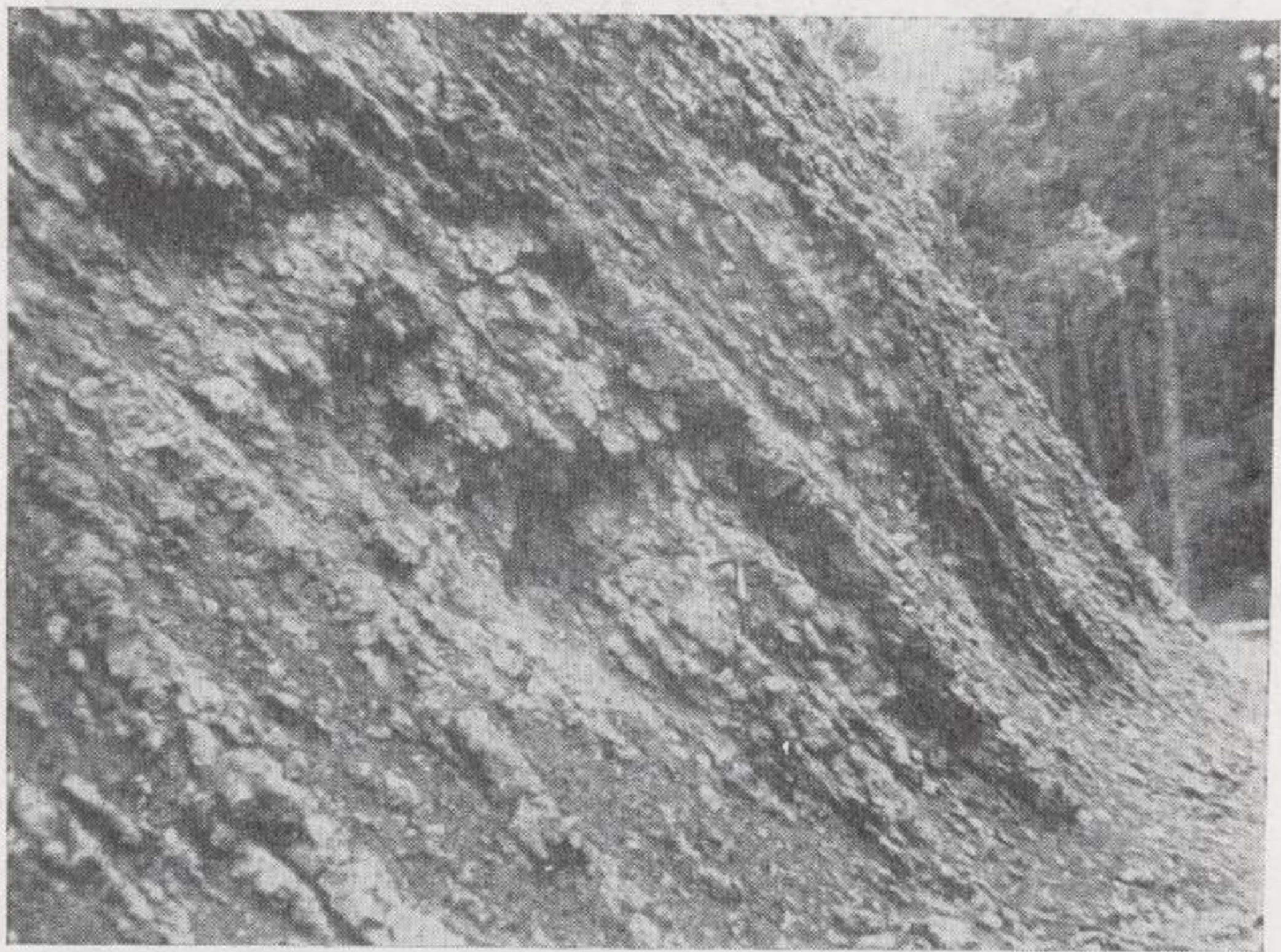
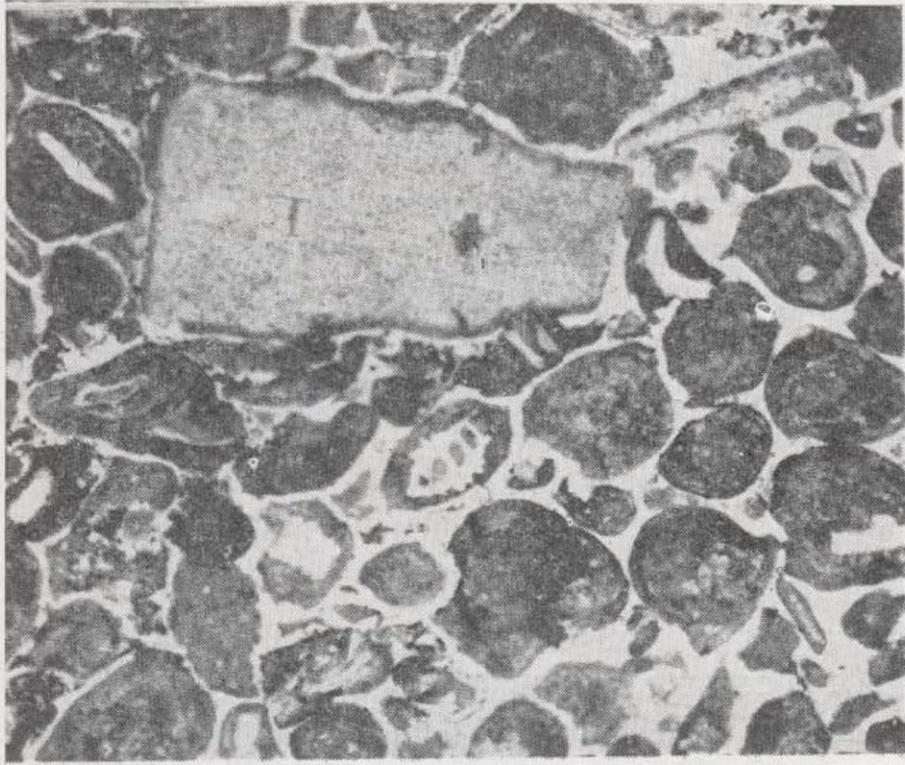
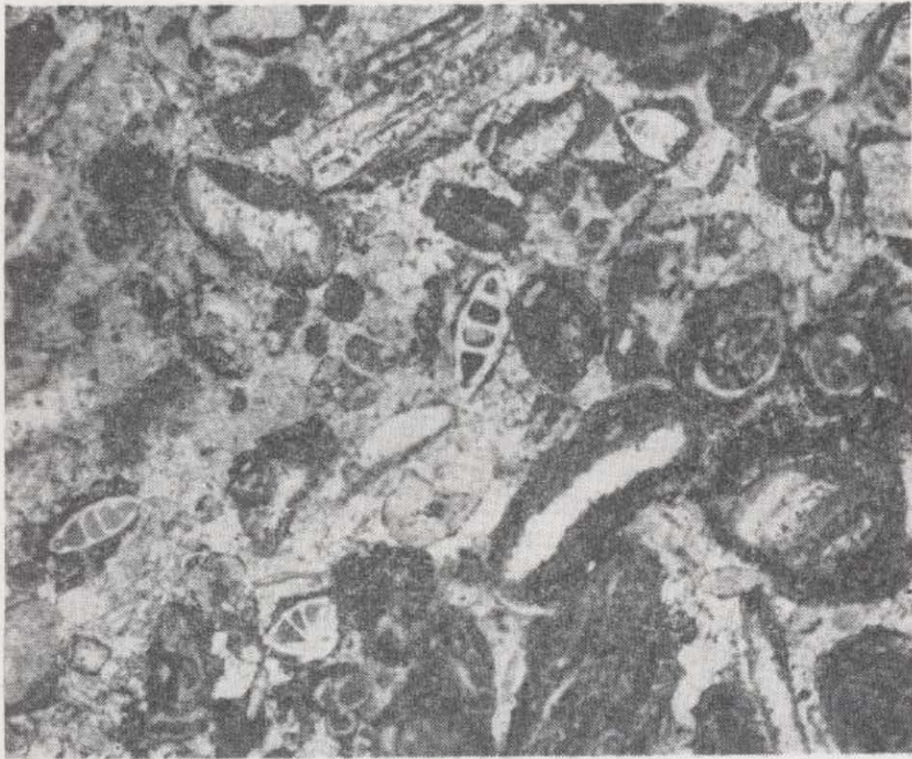
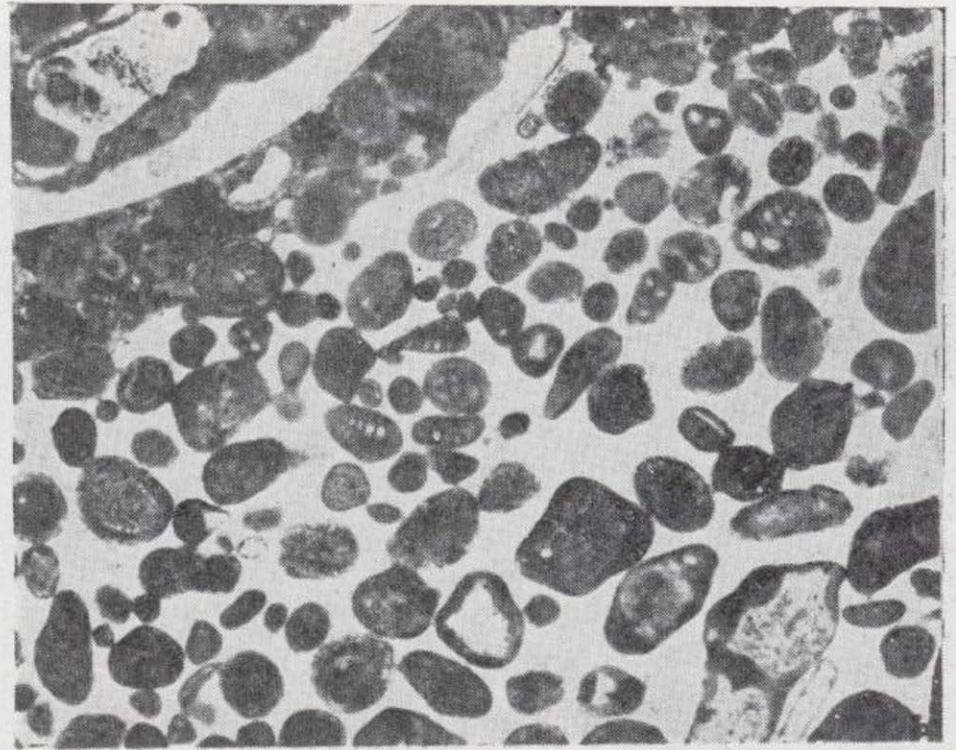


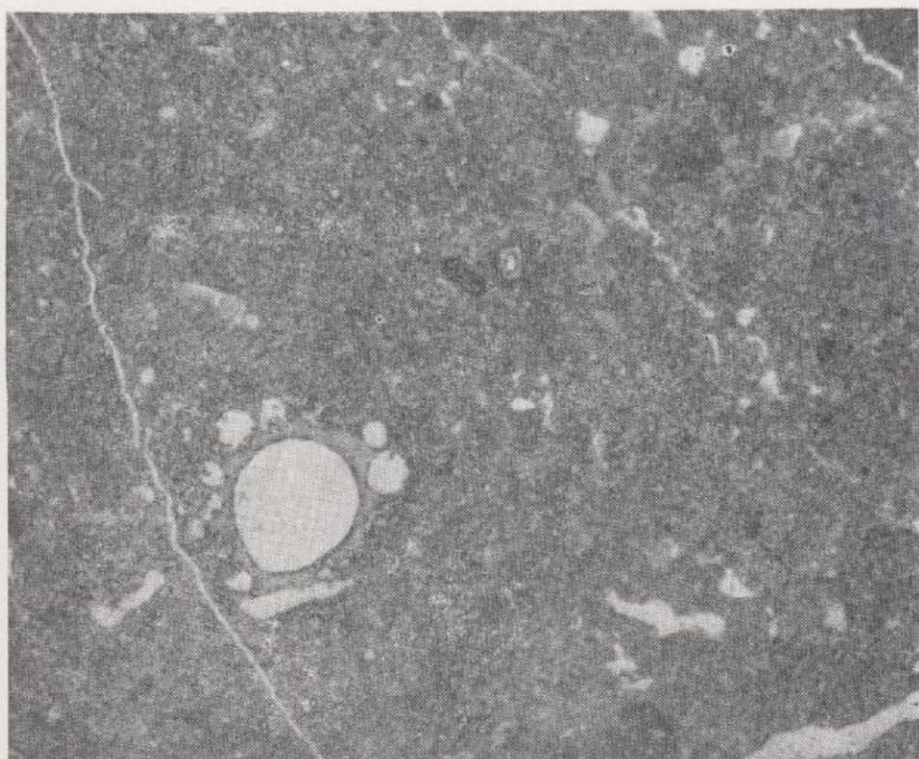
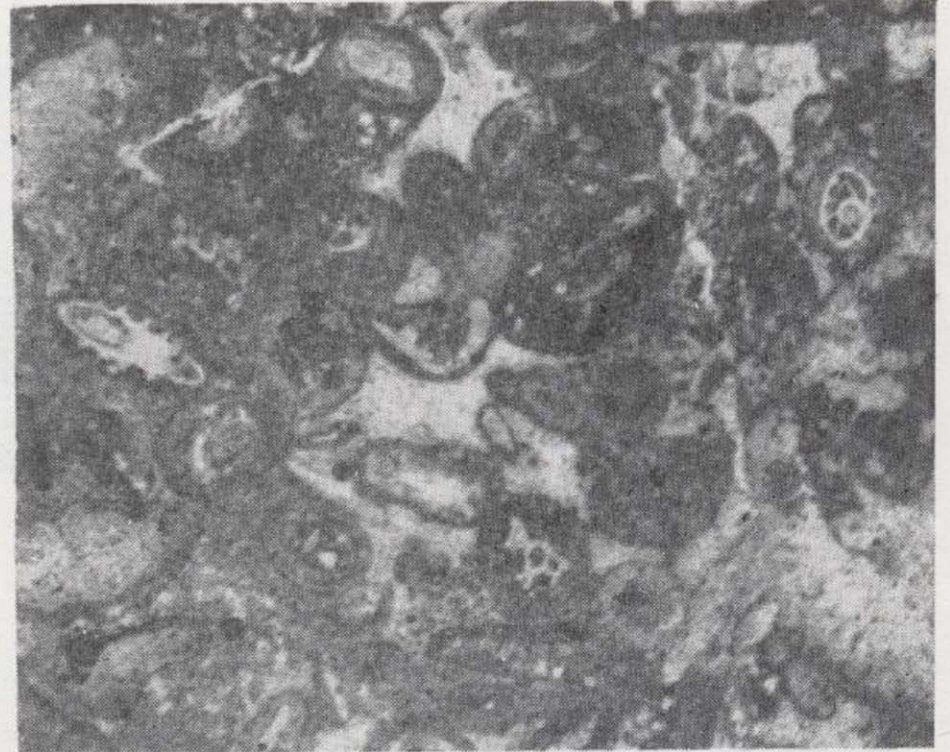
Fig. 10.—«Calizas lumaquélicas» del Pliensbachiense superior. «Tejadillos».



1 2



3 4



5 6



gigantea Sow., *Ostrea irregularis* Goldf., *Ostrea cymbrium* Lam., *Lopha gregaria* Sow., *Phola-*



Fig. 11.—«Margas con Ammonites» del Toarciense. N. del pantano de La Toba.

domya ambigua Sow., *Ph. idea* d'Orb., *Ph. thomarensis* Hoff., *Pentacrinus scalaris* Goldf., *Megatheuthis rhenanus* Opperl y *Proteuthis apicurvatus* Blain. Toda la larga lista anterior indica que estos niveles pertenecen al Lías superior, y más concretamente al Pliensbachiense superior.

Corresponden a las capas con *Pholadomya* y *Amaltheus spinatus* Brug y *Dumortiera confusa* Quentst., de Albarracín (Riba, 1959), así como al tramo D distinguido en la región de Molina de Aragón (Villena, Ramírez del Pozo, Linares y Riba, 1971).

d) Margas con Ammonites.

Sobre estas calizas lumaquéllicas se desarrolla una nueva formación, también muy típica de la Serranía de Cuenca. Está constituida por una alternancia rítmica de capas generalmente inferiores a 30 cm. de espesor, de calizas arcillosas y margas, a veces muy arcillosas, y de aspecto no-

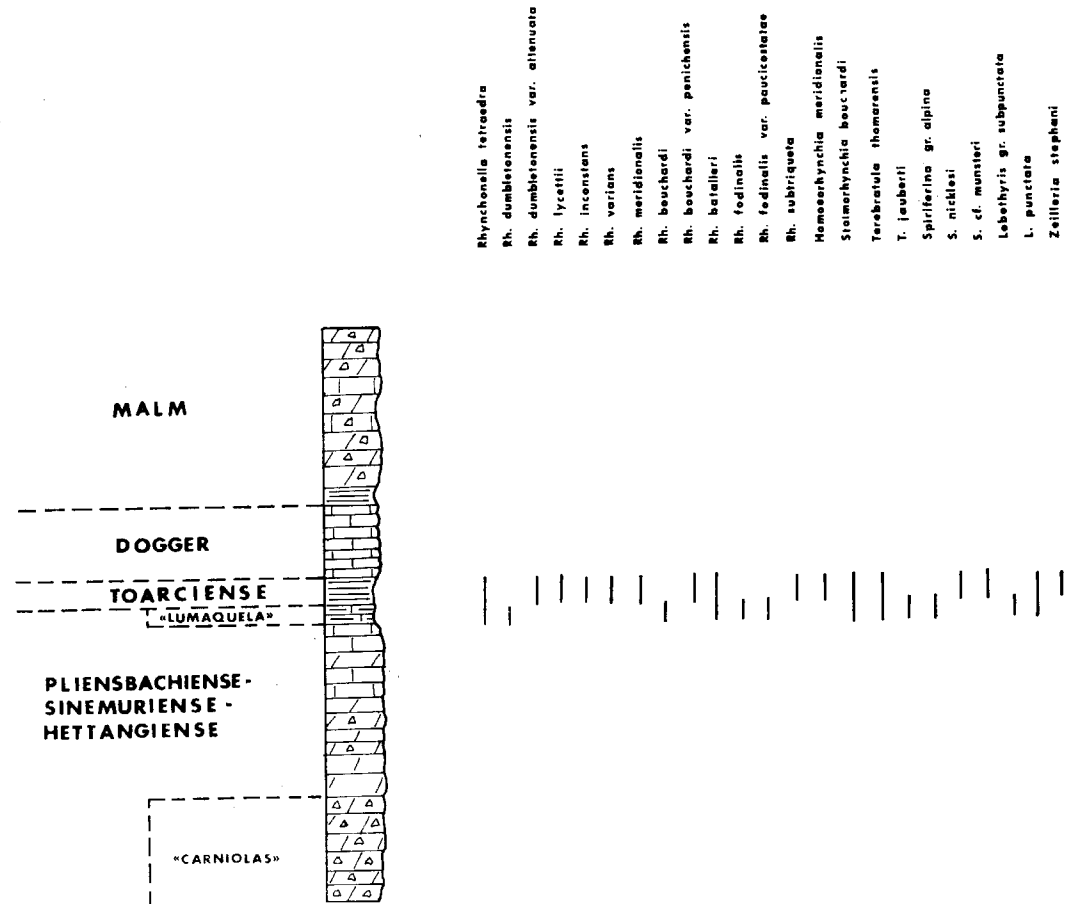


Fig. 12.—Distribución estratigráfica de las distintas especies de Braquiópodos.

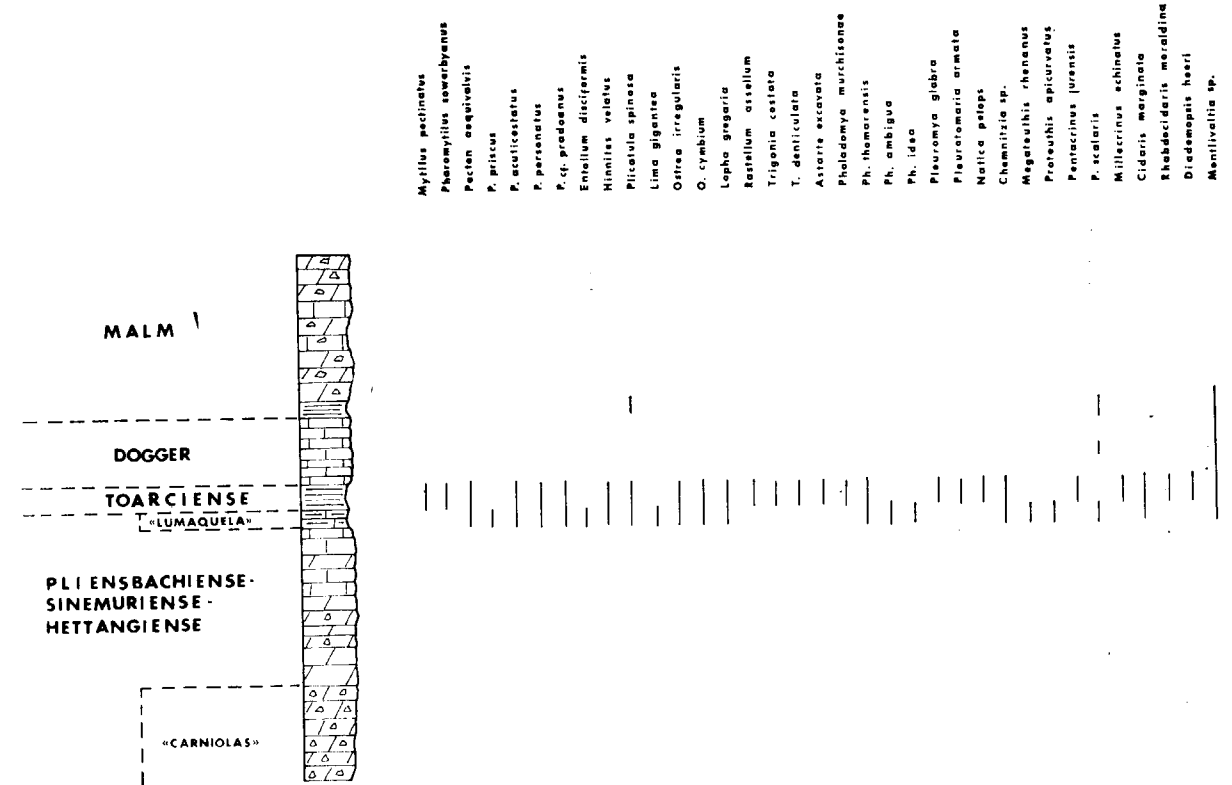


Fig. 13.—Distribución estratigráfica de las distintas especies de Moluscos, Crinoides, Equínidos y Corales.

		<i>Dactyloceras</i> aff. <i>semicelatoides</i>	<i>Milidites</i> sp.	<i>Milloceras</i> (<i>Orthildaites</i>) sp.	<i>M. sublevisoni</i> (aff. <i>bifrons</i>)	<i>M. sublevisoni</i>	<i>Grammoceras</i> cf. <i>thouarcense</i>	<i>Pseudogrammoceras quadratum</i>	<i>Ps. strackmanni</i> *	<i>Sonnina</i> sp.
BAJOCIENSE	ZONA 'scissum'									
	ZONA 'opalinum'									X
TOARCIENSE	ZONA 'jurense'						X	X	X	
	ZONA 'bifrons'				X	X				
	ZONA 'serpentinus'	X	X	X						
	ZONA 'tenuicostatum'									
PLIENSBACHIENSE	ZONA 'spinatum'									

Fig. 14.—Distribución estratigráfica por zonas de los Ammonites.

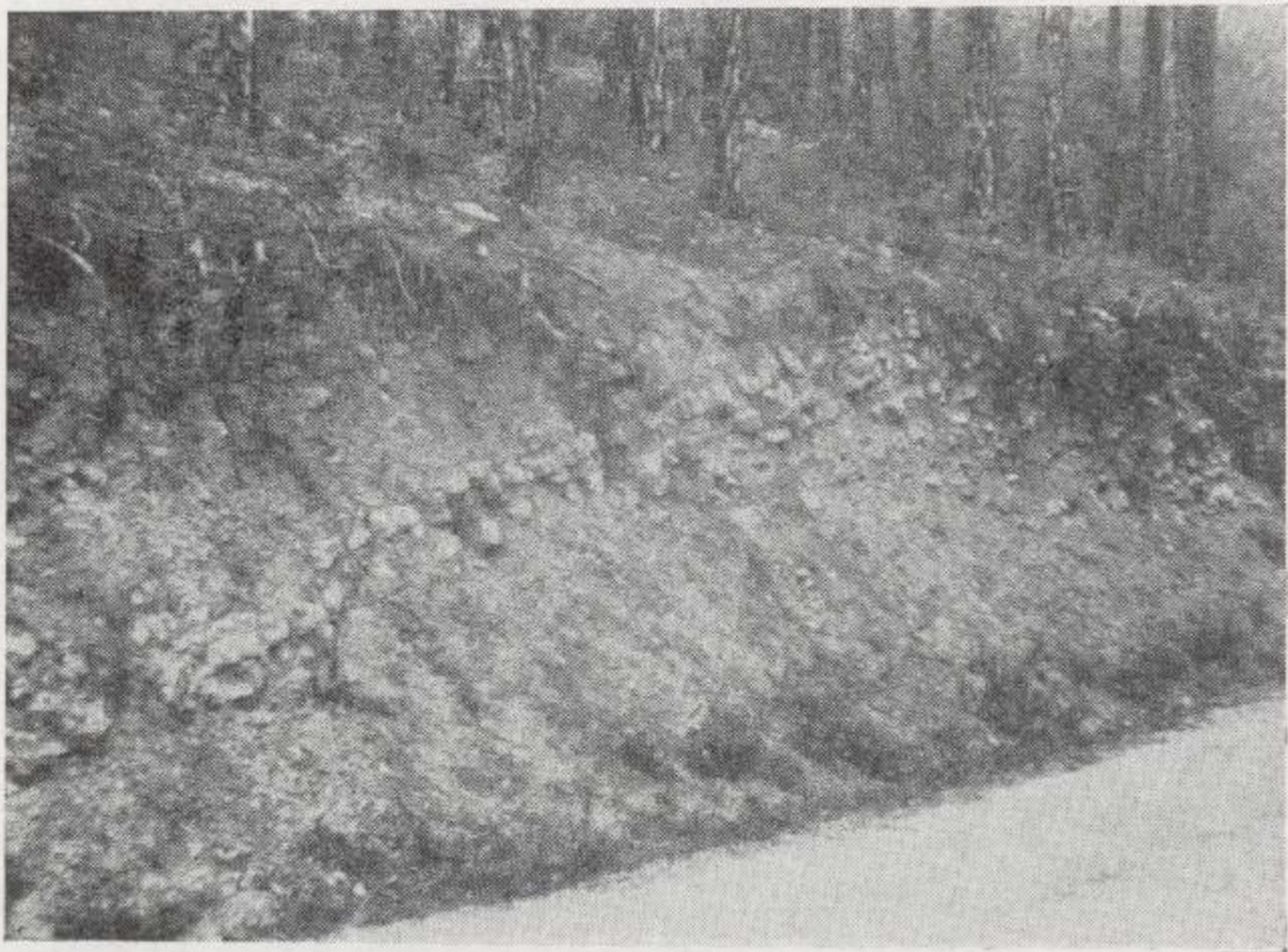


Fig. 11.—«Margas con Ammonites» del Toarciense. N. del pantano de La Toba.

duloso, de color ocre azulado a gris azulado (figura 11). Hacia el techo predominan los niveles de calizas, sirviendo de paso a la siguiente unidad. Su potencia, también pequeña, oscila entre los 25 y 50 m., con valores medios de 35 m.

Las microfácies corresponden a calcilitas arcillosas o calizas microcristalinas (biomicritas). Localmente pueden aparecer calizas lumaquélicas, similares a las del Pliensbachiense superior. En las láminas delgadas se han observado secciones de *Lenticulina*, *Vaginulina*, *Dentalina*, microfíamentos, Ostrácodos y Briozoos. Las calizas con

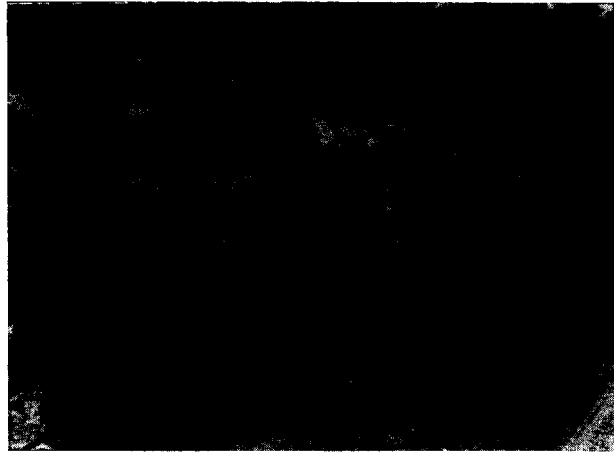


Fig. 15.—«Calizas tableadas» del Dogger. Pista forestal de Buenache de la Sierra.

microfilamentos aparecen por primera vez en la Serranía de Cuenca en el Toarciense, como ocurre en el Jurásico de otras regiones. Los microfósiles más característicos de estos niveles son: *Vaginulina proxima* (Terq.), *Nodosaria fontinensis* Terq., *Falsopalmula deslongechampsi* (Terq.), *Procytheridea sermaisensis* Apost., *Pr. bucki* Bi-

zon, *Cytherella toarcensis* Bizon y *Cytherelloidea cadomensis* Bizon.

La macrofauna es también más abundante. Aparecen también numerosas especies (figs. 12 y 13), de *Mytilus*, *Pecten*, *Plicatula*, *Ostrea*, *Lopha*, *Rastellum*, *Trigonia*, *Astarte*, *Pholadomya*, *Pleuromya*, *Pleurotomaria*, *Natica*, *Chemnitzia*, *Cidaris*, *Rhabdocidaris*, *Diademopsis*, *Pentacrinus*, *Millecrinus*, *Montlivaltia*, *Rhynchonella*, *Spiriferina*, *Terebratula*, *Zelleria*, *Aulacothyris*, *Walaheimia* y especialmente de *Ammonites*, que permiten una determinación más precisa de zonas.

Se han clasificado *Dactylioceras* sp. (aff. *semicelatoides* Maubege), *Hildaites* sp., *Hildoceras* (*Orthildaites*) sp. de la zona *serpentinus*; *Hildoceras sublevisoni* (Fucini) (forma de transición a *H. bifrons* Brug.), *H. sublevisoni* (Fucini), con formas de costillas retroversas, de la zona *bifrons*; *Grammoceras* cf. *thouarcense* (d'Orb.), *Grammoceras* sp., *Pseudogrammoceras quadratum* Haug., *Ps. struckmanni* (Denkm.) y *Pseudogrammoceras* sp. de la zona *jurense*. Este tramo incluye, por tanto, al Toarciense, no pareciendo estar representada la zona basal *tenuicostatum* ni las de paso al Dogger (*levesquei* y *aalensis*), al menos claramente, aunque algunas de las especies clasificadas son ya de la parte alta de la zona *jurense* (fig. 14).

Con relación al Jurásico de la región de Molina de Aragón (Villena, Ramírez del Pozo, Linares y Riba, 1971), esta unidad se corresponde con el tramo E descrito en dicho trabajo, y más concretamente con los subtramos E₁ y E₂.

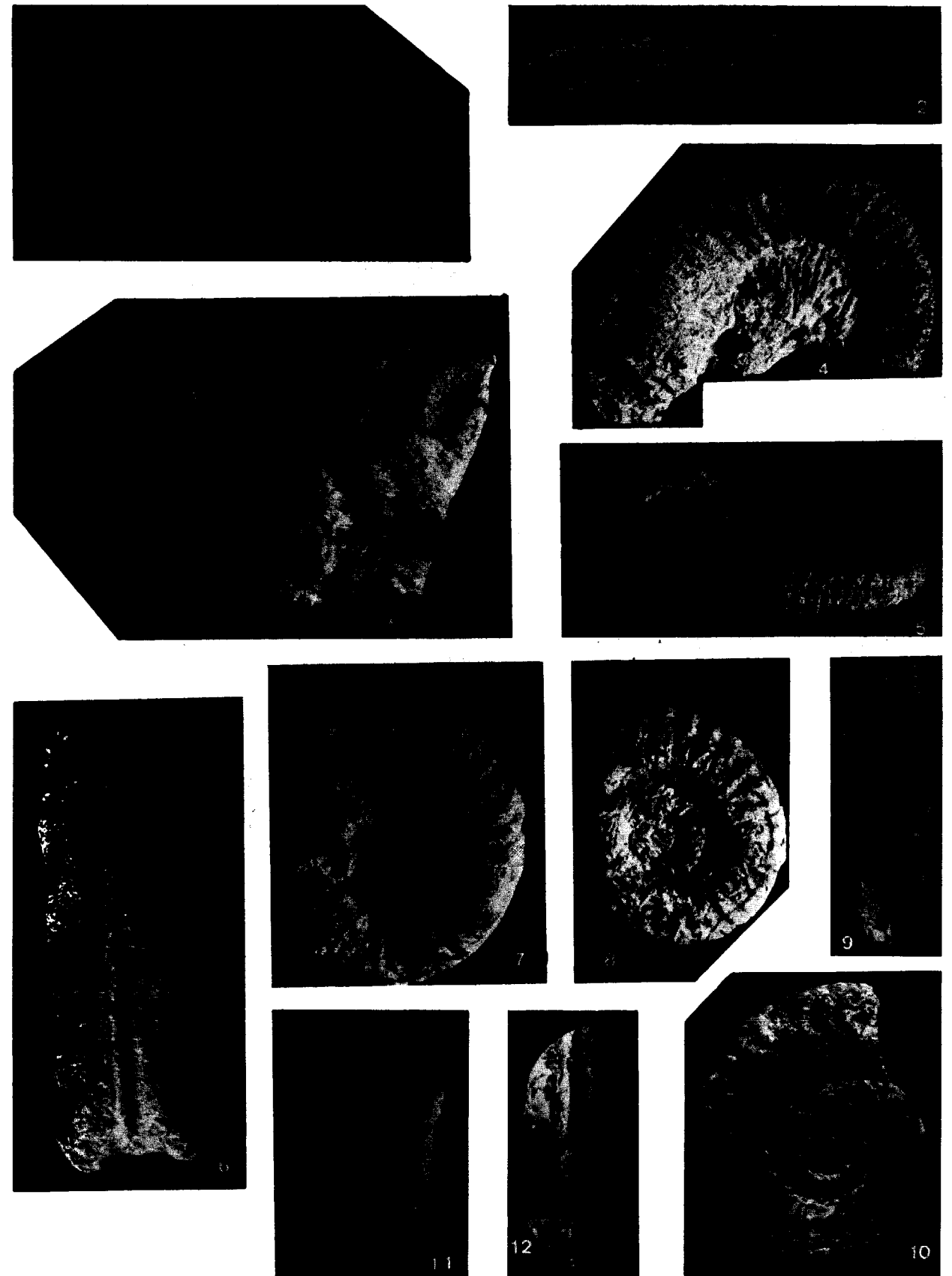
e) Calizas tableadas.

Sobre el Toarciense aparece una nueva formación, también muy típica, pero peor conservada, pues está muy afectada por la erosión Neocimérica. Sólo existen cortes completos al S. del pantano de la Toba, estando al N. siempre más o menos erosionada.

LAMINA 5

- 1-3. *Hildaites* sp. 1-2 (tamaño natural), 3 ($\times 3$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (zona «serpentinus»).
- 4-5. *Dactylioceras* sp. (aff. *semicelatoides* Maubege) (tamaño natural).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (base de la zona «serpentinus»).
- 6-7. *Hildoceras sublevisoni* (Fucini) (forma de transición a *H. bifrons* Brug.) 6 ($\times 1,5$), 7 ($\times 2$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (base de la zona «bifrons»).

8. *Hildoceras sublevisoni* (Fucini) ($\times 2$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (base de la zona «bifrons»).
- 9-10. *Hildoceras sublevisoni* (Fucini) (forma de costillas retroversas) (tamaño natural).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (base de la zona «bifrons»).
- 11-12. *Hildoceras* (*Orthildaites*) sp. (tamaño natural).
«Margas con Ammonites» (techo de la zona «serpentinus»).



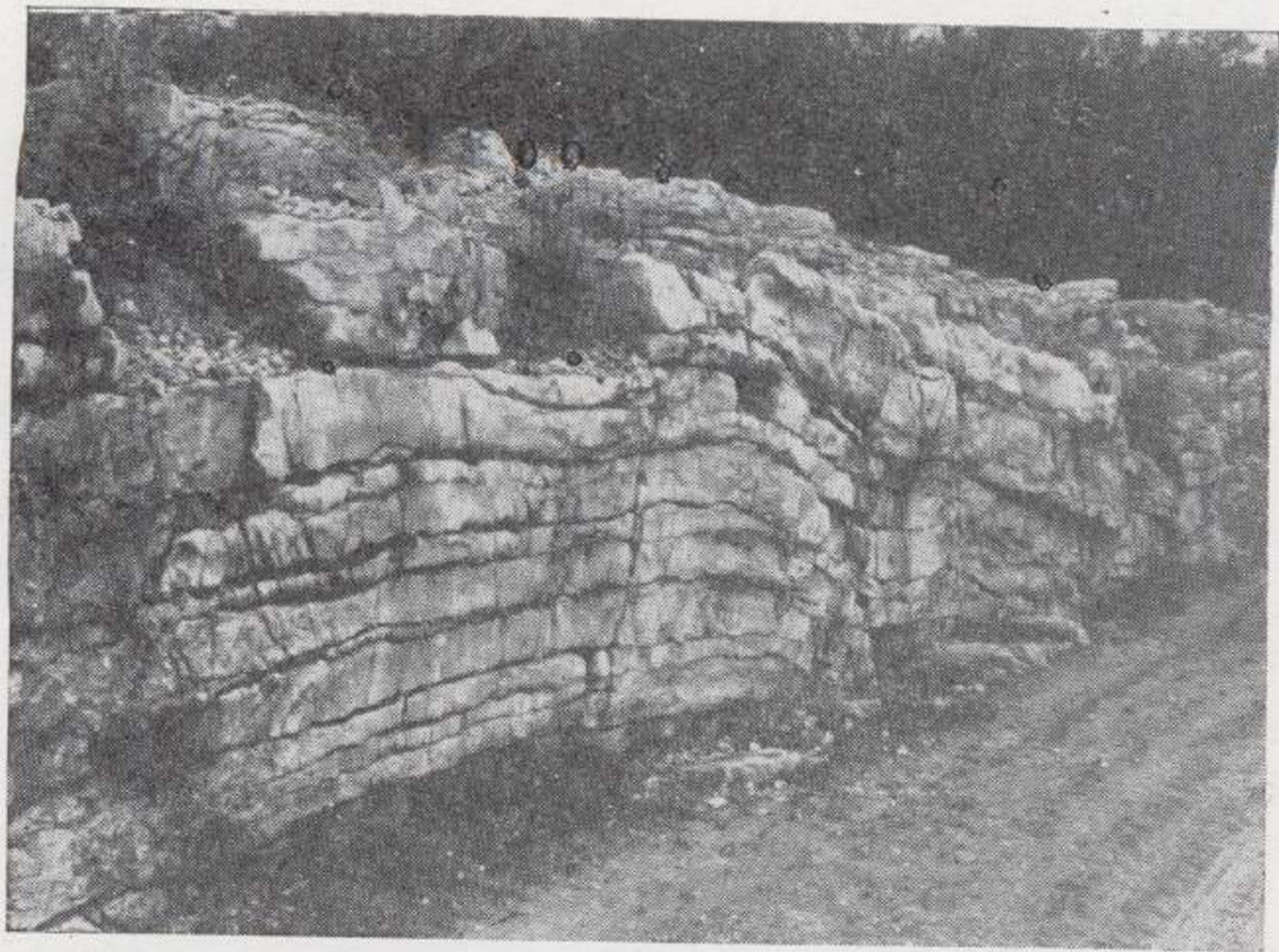
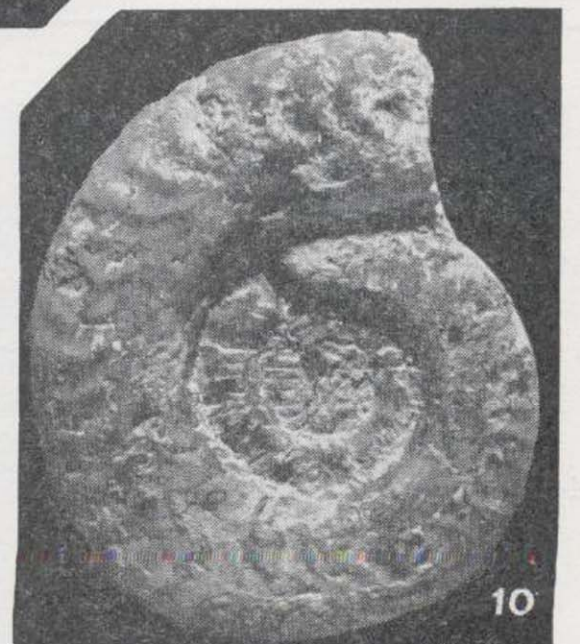
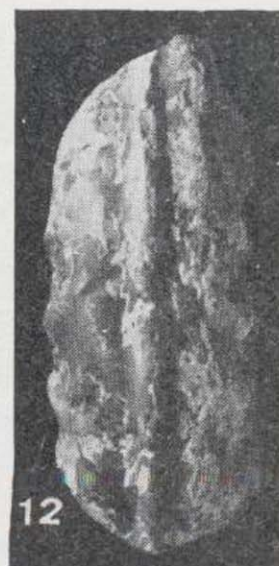
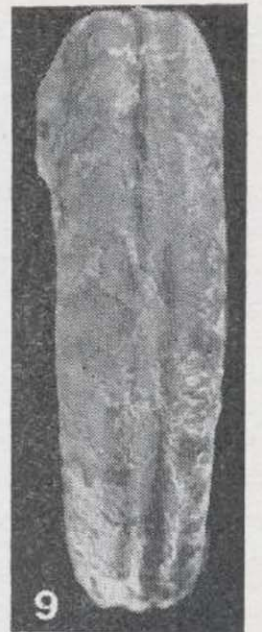
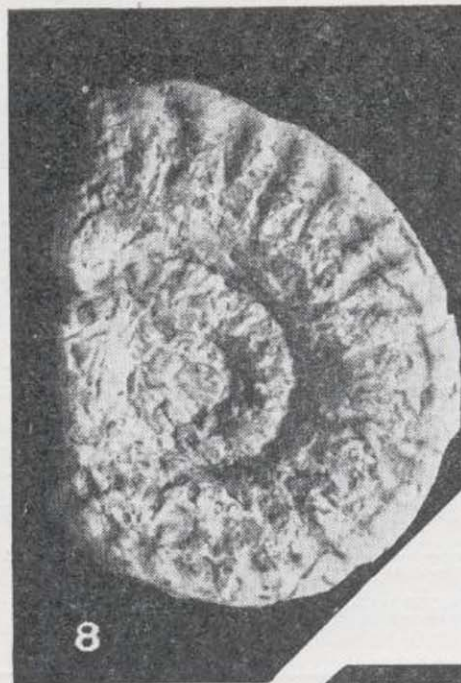
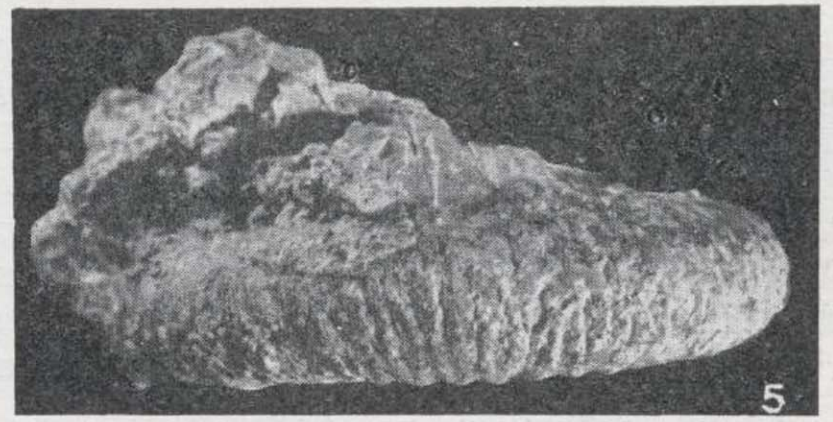
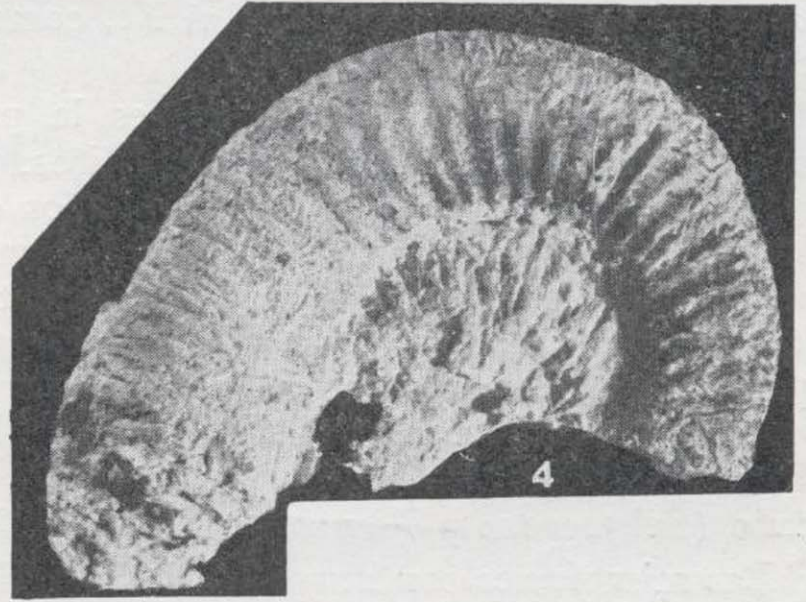
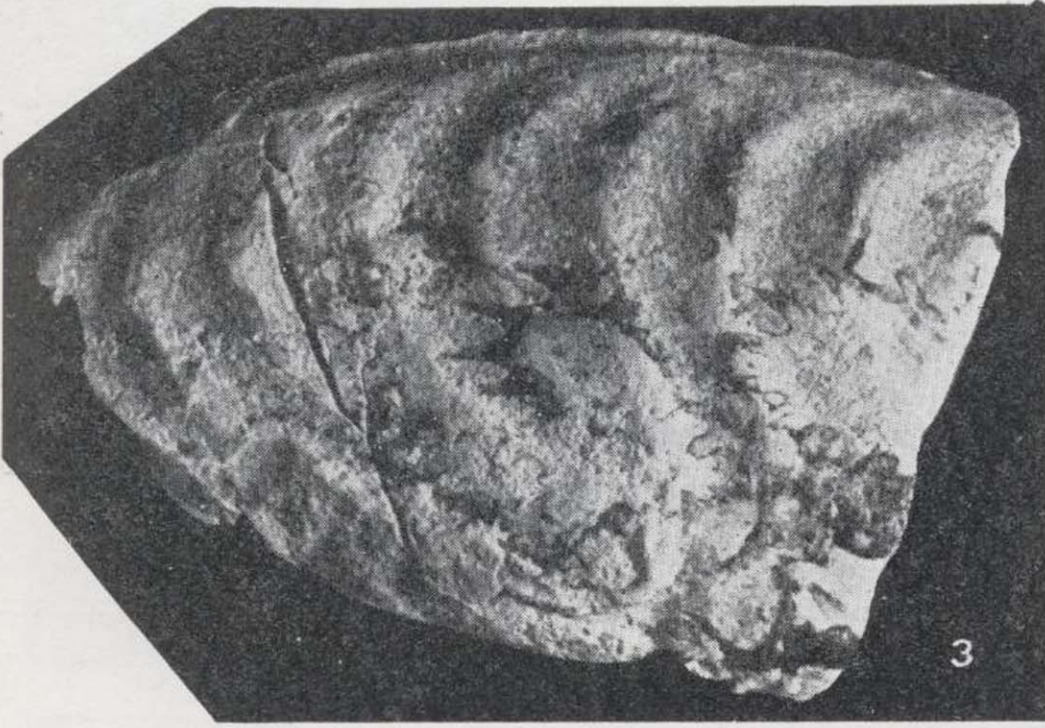
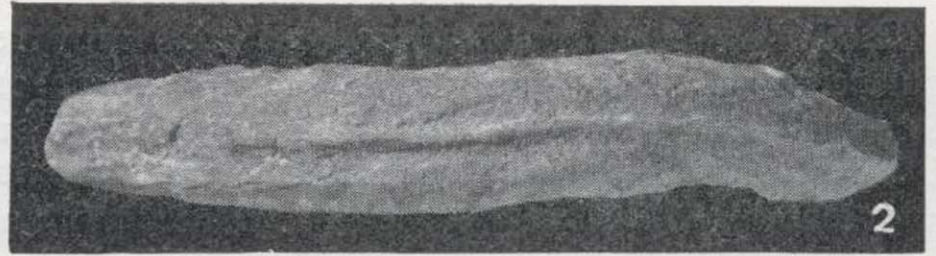
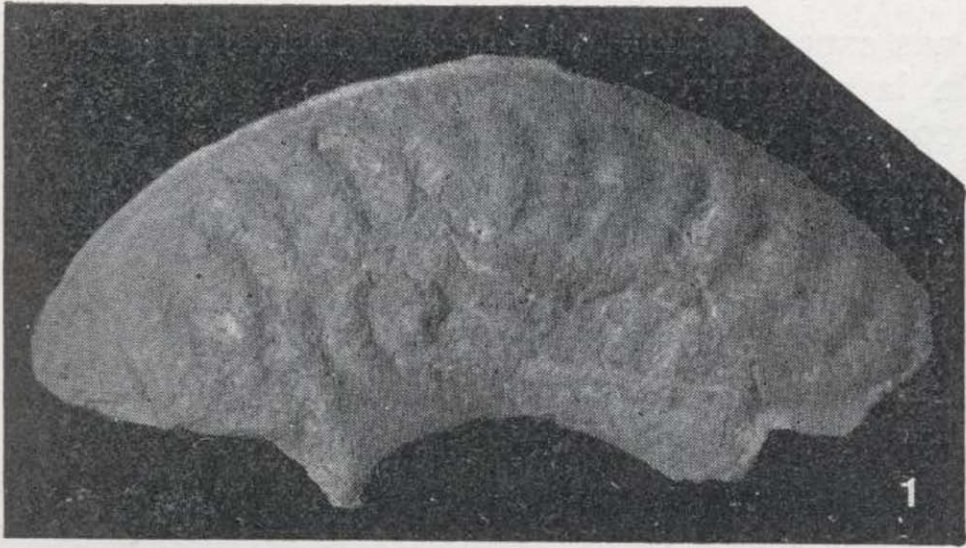


Fig. 15.—«Calizas tableadas» del Dogger. Pista forestal de Buenache de la Sierra.



Está compuesta por calizas tableadas muy regulares y uniformes, de unos 20 cm. de espesor, con planos de estratificación bien marcados y ondulados, que les confieren un aspecto ligeramente noduloso (fig. 15). Su potencia, al S. de pantano de la Toba, es del orden de 80-90 m., siendo bastante inferior, y a veces nula, al N., como consecuencia de la erosión.

Su carácter más sobresaliente, es la presencia casi continua en toda la serie de oolitos, generalmente algo ferruginosos y desarrollados especialmente en el techo, por lo que es fácilmente reconocible. También aparecen aisladamente nódulos de sílex blanco dispersos y de pequeño tamaño, que no son tan abundantes como en Albarracín (Riba, 1959), ni como en Castelfrío-Cedrillas (al NE. de Teruel), donde el sílex se presenta interestratificado (Felgueroso y Ramírez del Pozo, 1971).

Las microfácies son muy variadas, micritas, biomicritas, intrabiomicritas y pelmicritas en la parte inferior, y oosparitas preferentemente en la superior. Los niveles inferiores, de carácter esencialmente microcristalino, contienen en las láminas delgadas secciones de *Lenticulina*, *Dentalina*, *Aspacolus*, *Eothrix alpina* Lomb., microfilamentos, *Nubecularia* cf. *reicheli* Rat, Ostrácodos, tubos de Anélidos y restos de Crinoides. En la parte superior, formando el núcleo de los oolitos, hemos reconocido secciones de *Protopeneroptis striata* Weynsch., *Nautiloculina oolithica* Mohler, *Pfenderina*, *Spirophthalmidium*, *Lenticulina*, Foraminíferos biseriados (*Pseudochrysalidina*), Valvulinidos, algas *Dasycladáceas*, *Clypeina*, *Actinoporella* y restos de Moluscos y Crinoides.

El contenido de macrofósiles es relativamente grande, pero el número de especies es menor que en las formaciones anteriores, siendo además difíciles de obtener, debido a su dureza y compacidad. Se han reconocido *Rhynchonella*, *Terebratula*, *Montlivaltia*, *Cidaris*, *Pentacrinus*, *Millecrinus*, *Pecten*, *Trigonia*, *Ostrea*, *Lima* y *Briozoos*. La presencia de artejos de *Crinoides* es muy típica y suelen aparecer acumulados en el techo de algu-

nas capas formando delgadas «encrinitas». Debido a la ausencia de *Ammonites* no se puede datar con exactitud mediante los macrofósiles encontrados y hay que recurrir a criterios de correlación con otras regiones. Afortunadamente, al N. de Tragacete se ha localizado en la base de

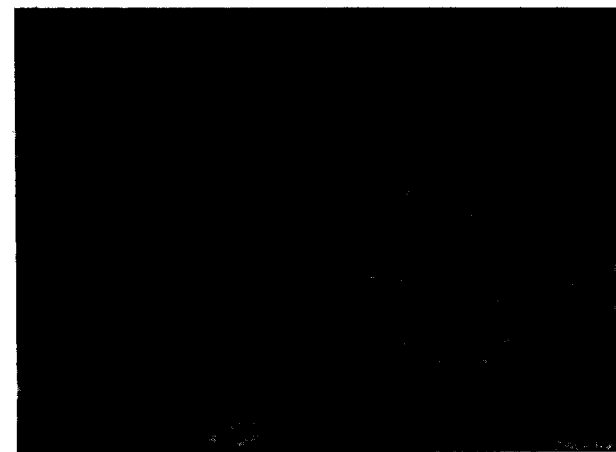


Fig. 16.—«Calizas detríticas del pantano de La Toba» del Malm inferior (Oxfordiense?). S. del Pantano de La Toba.

esta formación una fauna variada entre la que se han encontrado algunos *Ammonites* atribuibles a *Somnina* sp., que ya podrían definir la zona *opalinum* del Dogger (fig. 14). También las microfácies y las microfaunas permiten diferenciar el Bajociense en la mayor parte de la formación (con *Nubecularia* cf. *reicheli*), del Bathoniense en los metros finales (niveles con *Protopeneroptis striata* y *Nautiloculina oolithica*). Es decir, se puede datar como Dogger al menos parcialmente, pues no existe constancia de la presencia del Calloviense.

Esta serie es idéntica a la descrita por Riba (1959) en la Sierra de Albarracín, que también



LAMINA 6

1. *Grammoceras* cf. *thouarcense* (d'Orb.) ($\times 2$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (zona «jurense»).
2. *Grammoceras* sp. ($\times 2,5$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (zona «jurense»).
3. *Pseudogrammoceras quadratum* Haug. (tamaño natural).
«Margas con Ammonites» (Toarciense) (zona «jurense»).
- 4-5. *Pseudogrammoceras struckmanni* (Denkm.) (tamaño natural).

6. *Pseudogrammoceras* sp. (tamaño natural).
«Calizas tableadas», parte basal (zona «jurense», parte superior).
- 7-9. *Rhynchonella dumblentonensis* Dav. (in Dubar, 1931. lám. 1, fig. 1a, 1b, 1c, 1d) ($\times 2,5$).
«Caliza lumaquética» (Pliensbachense superior).
- 10-12. *Rhynchonella* cf. *inconstans* Sow. ($\times 3$).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).

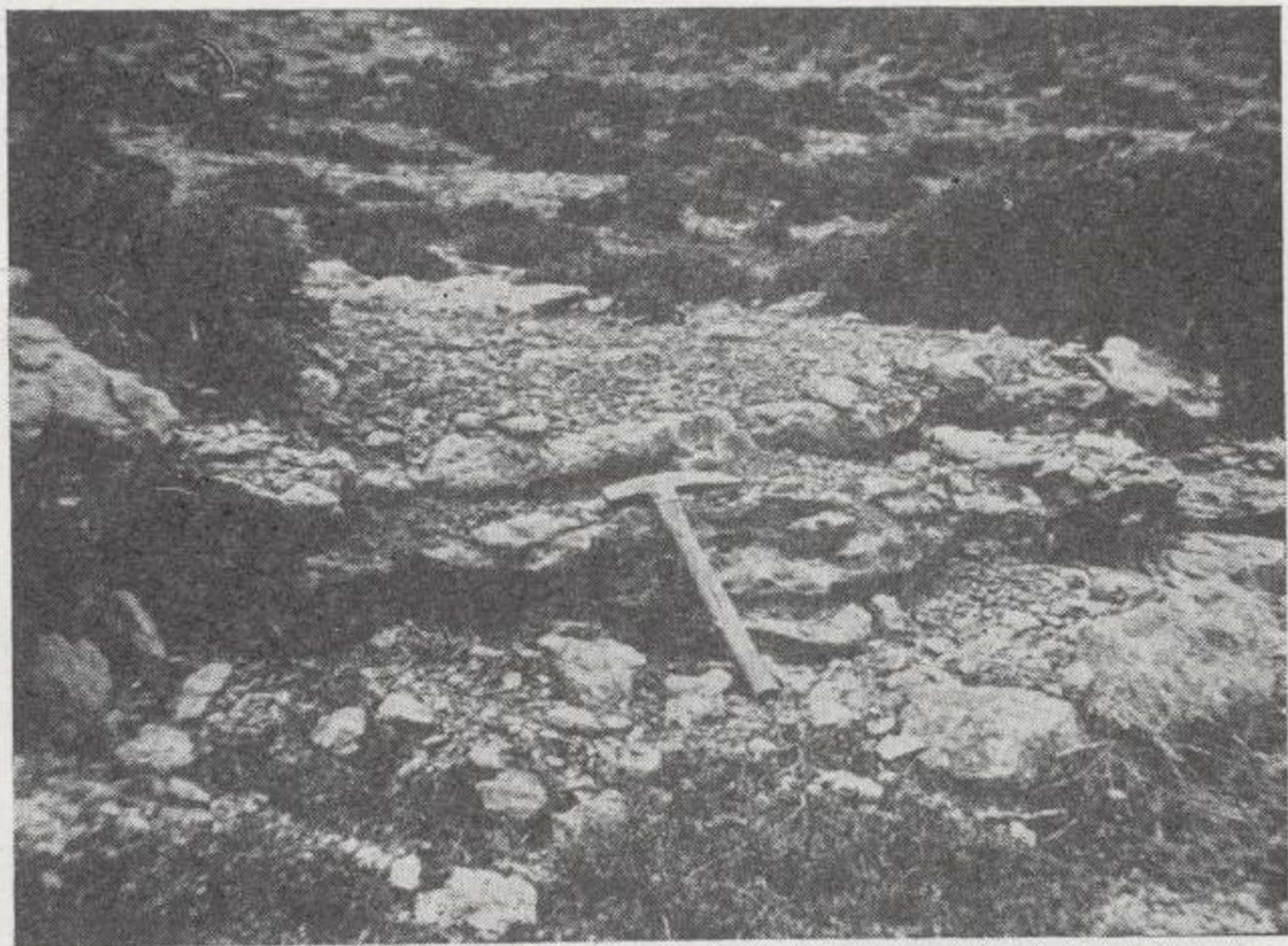
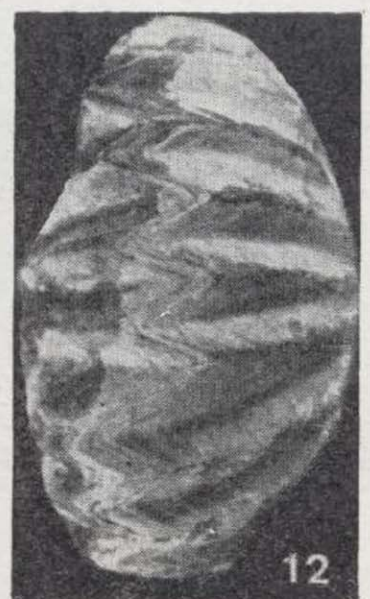
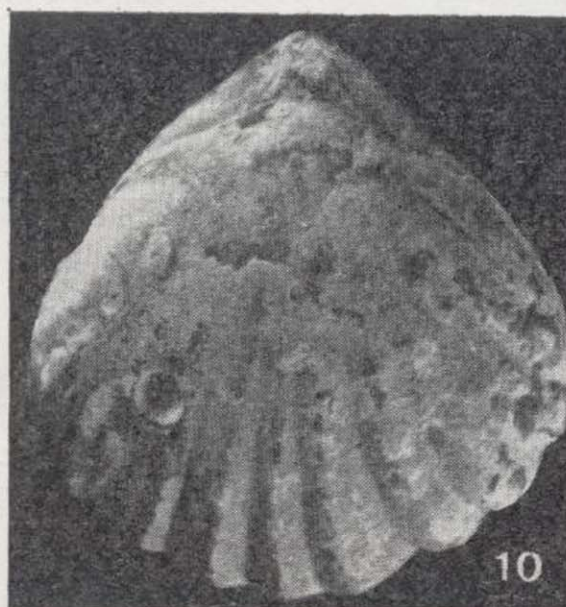
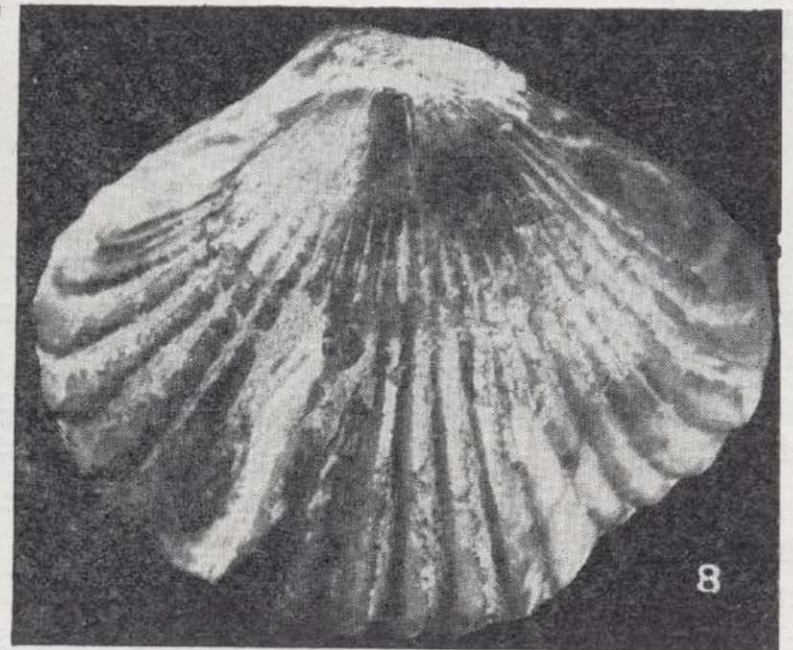
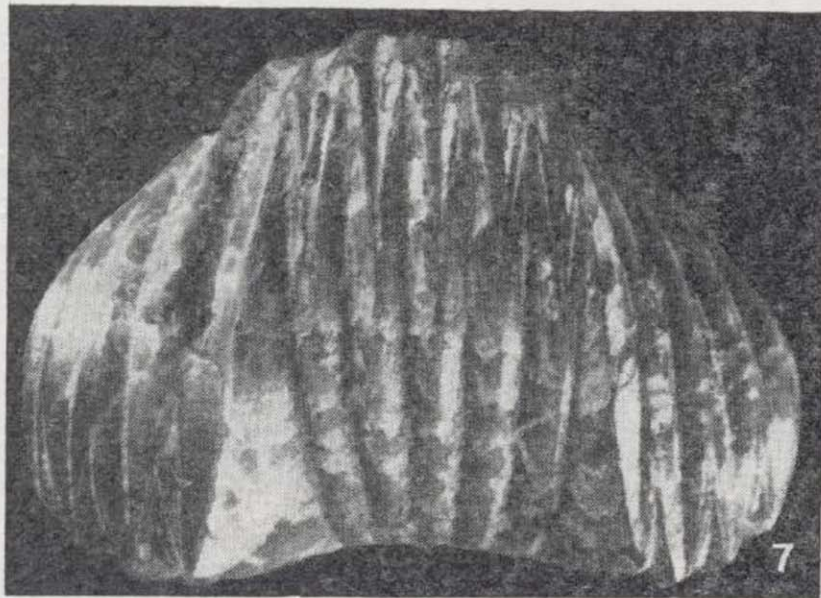
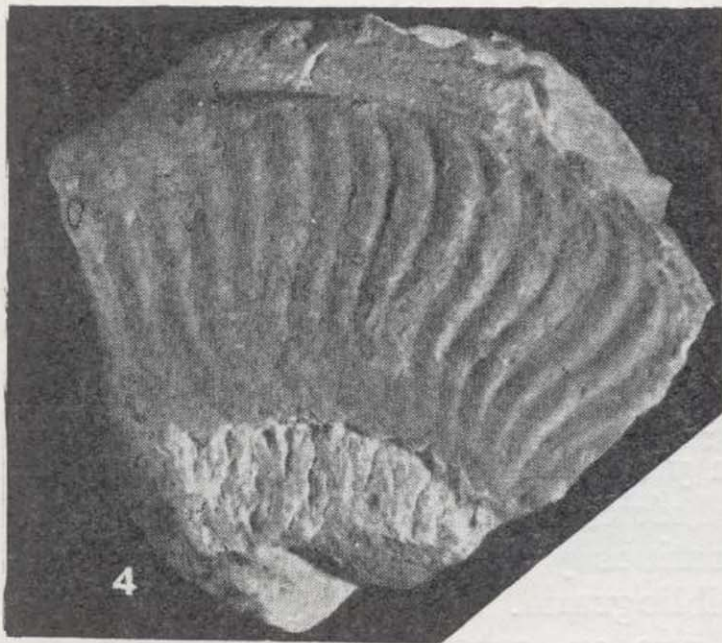
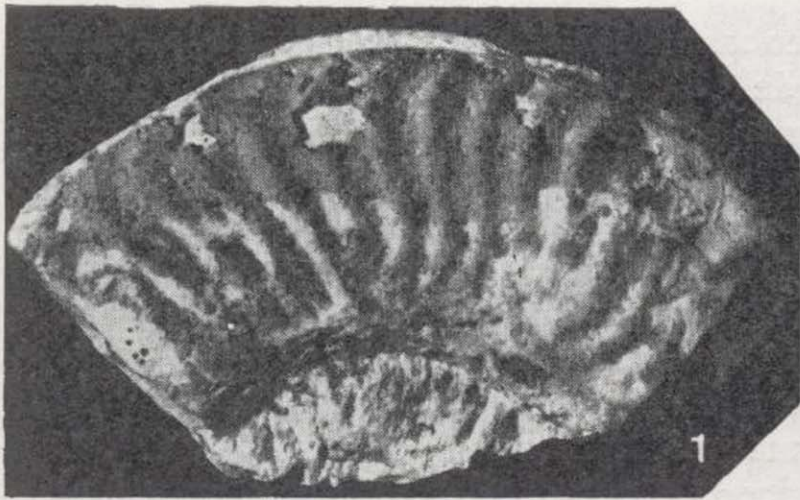


Fig. 16.—«Calizas detríticas del pantano de La Toba» del Malm inferior (Oxfordiense?). S. del Pantano de La Toba.



data como Aaleniense-Bathonense, y es muy semejante también a la descrita por Villena, Ramírez del Pozo, Linares y Riba (1971) en la vecina región de Molina de Aragón (subtramos E₃, tramos F y G y subtramo H₁), donde se citan al-

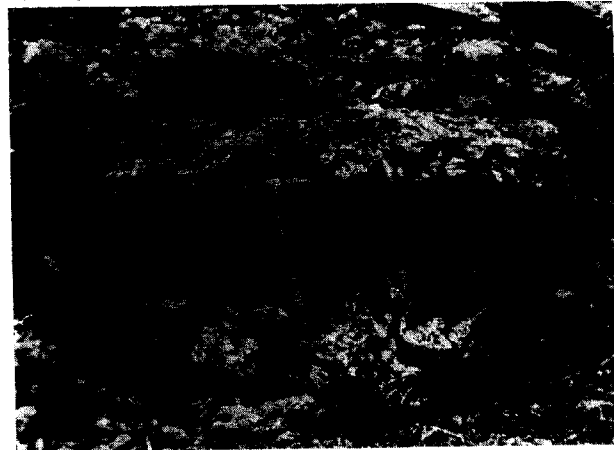


Fig. 17.—«Dolomías y calizas brechoideas de Buenache de la Sierra», del Malm superior (facies «Purbeck»). E. de Buenache de la Sierra.

gunos *Ammonites*, que permiten precisar más la cronoestratigrafía.

f) *Calizas detríticas del pantano de la Toba.*

Sobre las calizas tableadas del Dogger existen dos nuevas formaciones que se desarrollan exclusivamente al S. del pantano de la Toba, estando erosionadas al N. La inferior presenta caracteres detríticos y la superior calcáreo-dolomíticos.

La unidad inferior comienza por calizas muy compactas, de textura lutítica y fractura concoidea, tránsito de las calizas oolíticas del Dogger, de color ocre a rosa. Poseen restos fósiles representados por *Ostrea*, *Trigonia* y artejos de *Pentacrinus*. Siguen, también de forma progresiva, calizas nodulosas margosas y arenosas, con intercalaciones de margas ocreas y arcillas rojizas, con multitud de restos fósiles mal conservados y

capas arenosas fosilíferas, similares a las lumaquéllicas del Pliensbachiense superior, pero con menor cantidad de fósiles (fig. 16). Se reconocen *Plicatula*, *Pholadomya*, *Ostrea*, *Pecten*, *Trigonia*, *Mytilus*, *Rhynchonella*, *Terebratula*, *Pentacrinus*, *Cidaris* y *Montlivaltia*. Las *Ostreas*, a veces de gran tamaño, llegan a constituir niveles formados casi exclusivamente por ellas.

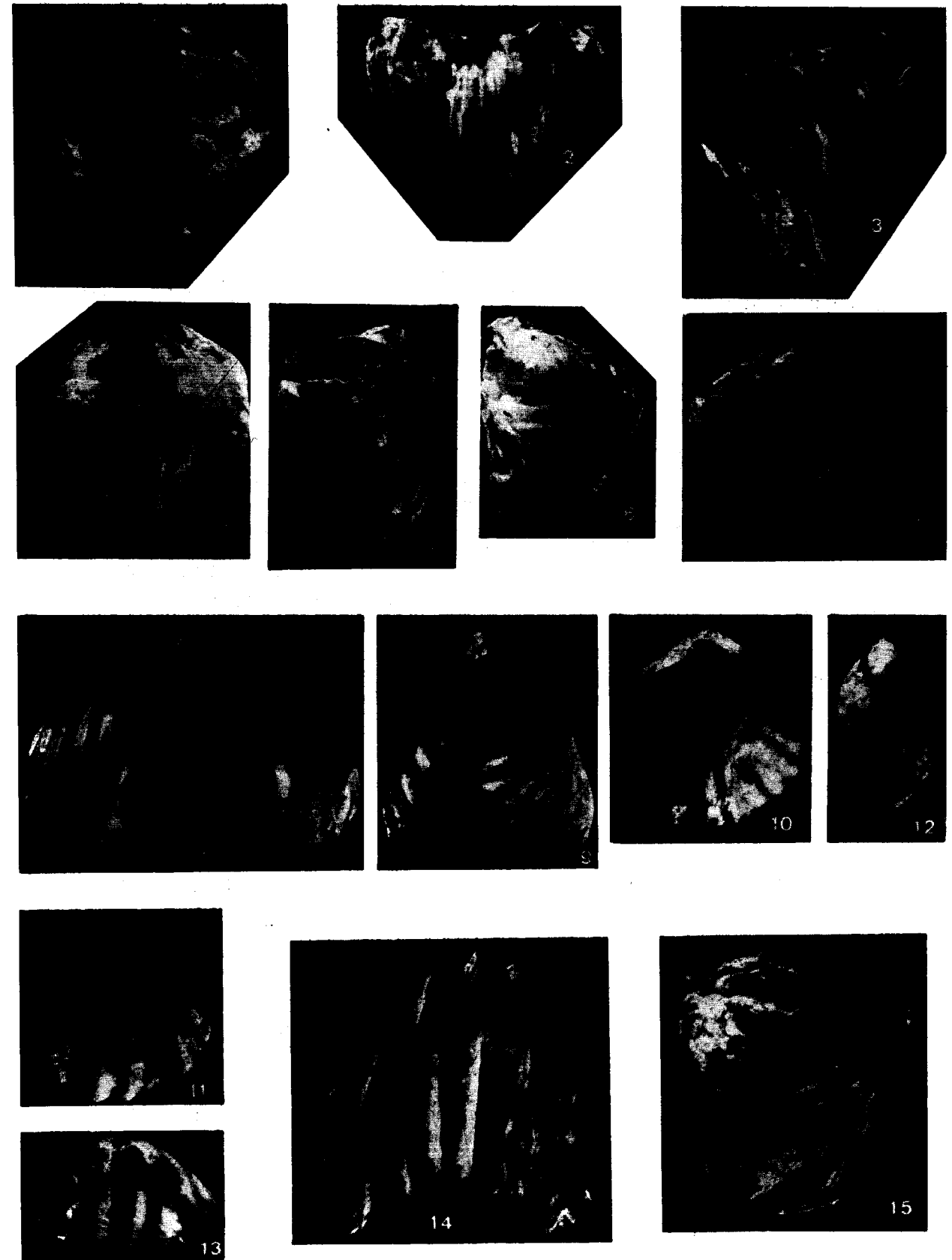
En el techo aparecen calizas margosas y dolomíticas, mal estratificadas, cavernosas, de color ocre grisáceo a ocre rojizo, con pirita y sin fósiles. Su potencia total es por lo general pequeña, del orden de 10-15 m., pero puede estar muy reducida (2-3 m.), o ser mucho mayor, alcanzando los 100 m., potencia que debe corresponder en parte a un cambio lateral de facies de la formación siguiente (fig. 7).

Las microfacies corresponden a calizas recristalizadas, con niveles de calciruditas y biomicritas con graveles, con escasos microfósiles representados por *Ammobaculites coprolithiformis* (Schw.), *Textularia*, *Lenticulina*, *Cornuspira*, Coprolitos, restos de Crinoides y Gasterópodos.

Su datación y correlación con otras regiones de la Cordillera Ibérica es difícil por la falta de fósiles determinativos y por no existir series similares en la bibliografía. No obstante, en las microfacies se pueden reconocer semejanzas con las del Oxfordiense de la zona de Molina de Aragón (Villena, et al., 1971), por lo que se le puede asignar esa edad, aunque se puede admitir la posibilidad remota de que esté incluido también el Calloviense. En la mencionada zona de Molina de Aragón, las facies tienen un carácter más acusadamente marino, lo que implica que la fauna sea más abundante, conteniendo en particular una fauna de *Ochetoceras*. La correlación con otras series de la Ibérica resulta problemática. Este es el caso de las series de Albarracín (Riba, 1959), del Pobo-Cedrillas (Gautier, 1968), Moscardón (Tintant y Viillard, 1970) y Castelfrío-Cedrillas (Felgueroso y Ramírez, 1971).

g) *Dolomías y calizas brechoideas de Buenache de la Sierra.*

Es la formación que corona el ciclo Jurásico y, como la anterior, sólo se encuentra al S. del



1-6. *Homceorhynchia meridionalis* Desl. (x 2). «Margas con Ammonites» (Toarciense).

7-9. *Rhynchonella* aff. *varians* Schl. 7 (x 2), 8-9 (x 2.5). «Margas con Ammonites» (Toarciense).

10-13. *Stolmorhynchia bouchardi* Dav. (x 2).

«Caliza lumaquéllica» (Pliensbachiense superior).

14-15. *Rhynchonella* gr. *meridionalis* Desl. (x 2). «Margas con Ammonites» (Toarciense).

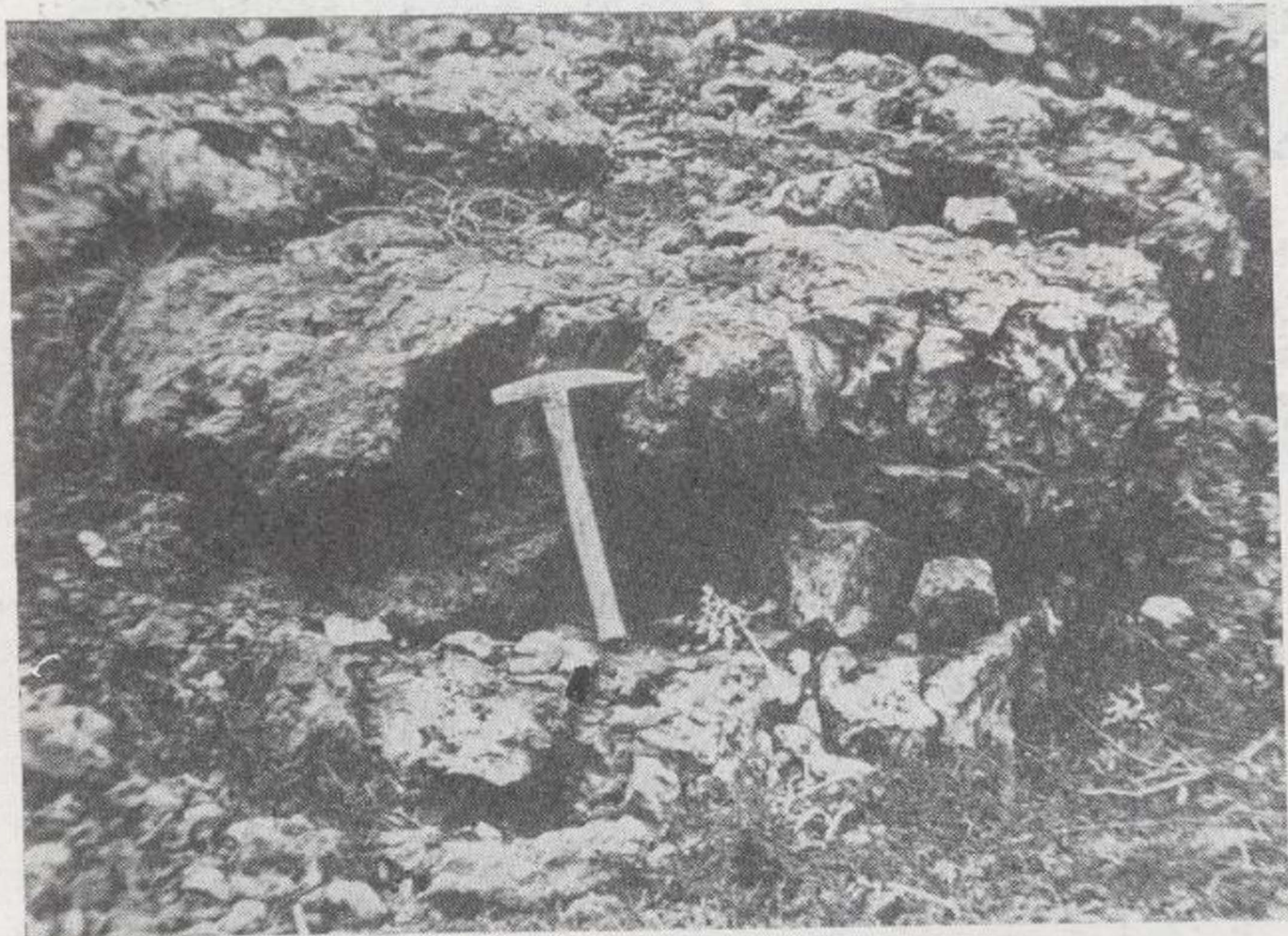
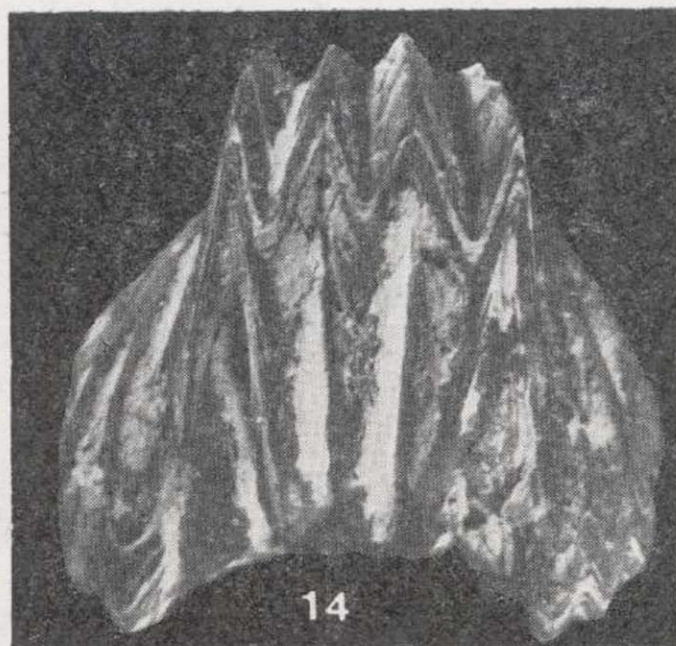
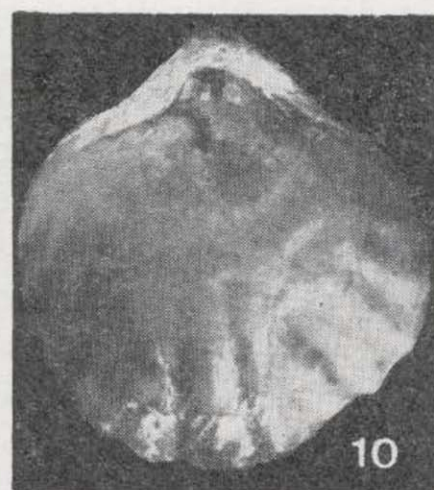
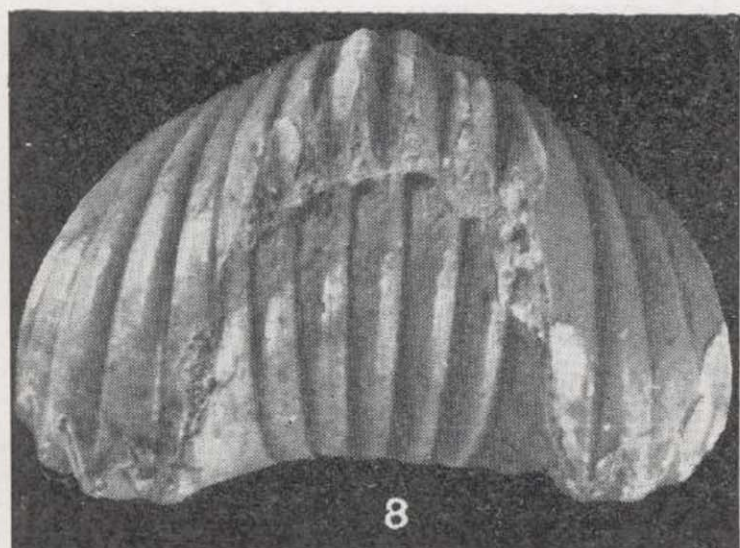
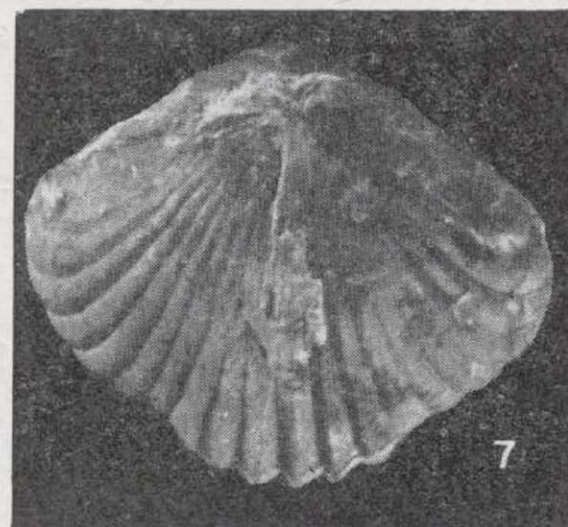
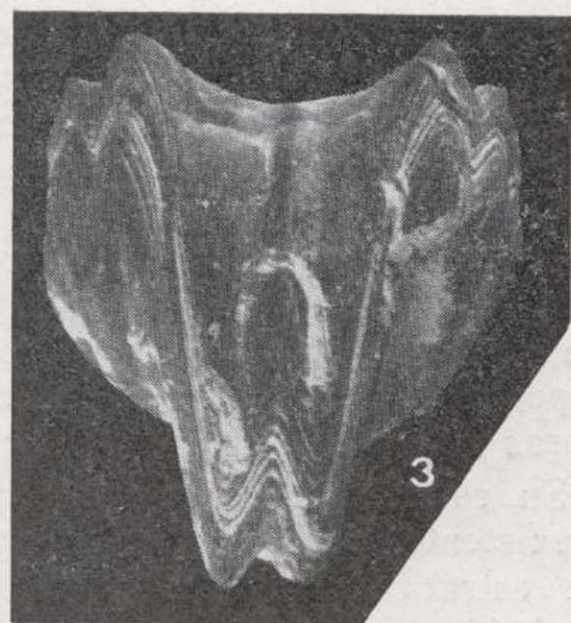
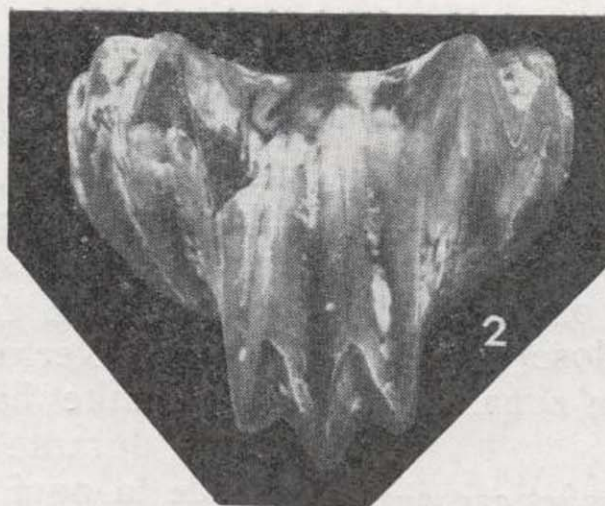


Fig. 17.—«Dolomías y calizas brechoideas de Buenache de la Sierra», del Malm superior (facies «Purbeck»). E. de Buenache de la Sierra.



pantano de la Toba. Está compuesta casi en su totalidad por dolomías y calizas brechoideas (figura 17) mezcladas con abundante arcilla roja, que le proporciona su color. Son muy cristalinas, cristales que llegan a alcanzar varios centímetros de tamaño y que suelen aparecer constituyendo grandes geodas. En corte fresco se observa que no son tan brechoideas, presentándose con un aspecto masivo o microcristalino, con zonas arcillosas rosadas.

Su estratificación es muy mala, prácticamente inexistente, pues las arcillas no limitan planos de estratificación. Su potencia es irregular y probablemente no debe aparecer completa debido a la erosión Neocimérica, alcanzando valores próximos a los 200 m. al E y SE. de Buenache de la Sierra.

No han aparecido restos de macrofauna. Las microfácies corresponden a calizas y dolomías microcristalinas, recrystalizadas, brechoideas, a veces dismicríticas, biomicríticas e incluso pisolíticas. Contiene escasos niveles fosilíferos con restos de Moluscos, restos y oogonios de Charáceas, Ostrácodos, *Girvanella* y *Glomospira*, que no permiten determinar su edad. Las muestras levigadas correspondientes a los niveles arcillosos sólo han proporcionado desgraciadamente caprolitos piritizados y limonitizados, que nada indican respecto a la edad, pero que al menos facilitan algún dato facial. No obstante, por estar situadas sobre el posible Oxfordiense, es posible que correspondan, con dudas, al Kimmeridgiense-Portlandiense.

El hecho más importante es quizás la aparición de niveles salobres y continentales con Charáceas y Ostrácodos, que nos definen una facies «Purbeck» no citada hasta la actualidad en la Serranía de Cuenca, con intercalaciones de facies marina muy costera y cuya edad podría corresponder, como ya se ha indicado, al Kimmeridgiense-Portlandiense. En la región de Molina de Aragón (Villena et al., 1971), el equivalente de este tramo está representado por facies marinas de calizas oolíticas y/o pisolíticas, con *Conicospirillina* cf. *basiliensis* Mohler, *Labyrinthina mirabilis* Weynsch. y *Nautiloculina oolithica* Mohler (tramo J). Hacia el W., en la Sierra de Altomira, Sánchez Soria y Pignatelli (1967), mencionan una formación similar a la descrita en la Serranía de Cuenca, que datan como Malm.

5. OBSERVACIONES PALEOGEOGRÁFICAS

Del estudio de los microfósiles, microfácies y macrofósiles, podemos deducir una serie de con-

clusiones sobre el ámbito sedimentario a lo largo de los diferentes pisos o tramos en que se ha dividido anteriormente el Jurásico de la Serranía de Cuenca. Por otra parte, el conocimiento estratigráfico que de otros sectores próximos al estudiado en esta publicación se tiene en la actualidad (Sierra de Albarracín, zona de Molina de Aragón, Sierra de Altomira, Maestrazgo, etc.), nos permite hacer un análisis de la facies reinantes durante el Jurásico en un área más amplia de la aquí tratada.

Durante la deposición de las «Carniolas» el ambiente de formación debió ser próximo al del Keuper, aunque con una mayor influencia marina. Son por tanto depósitos lagunares con cierta influencia marina. Las máximas potencias se localizan en la región oriental, en la zona de Huéllamo-Beamud, donde se alcanzan valores superiores a los 200 m.

Con la sedimentación de las calizas y dolomías del Lías inferior el régimen marino se instaura no sólo en la Serranía de Cuenca, sino en todo el dominio de la Cordillera Ibérica. Estas condiciones, cada vez más marinas, tienen, sin embargo, un carácter aislado, al menos en la parte inferior. En todo caso el ambiente de sedimentación era de aguas muy someras, generalmente de bajo índice de energía deposicional, aunque localmente ha podido ser mayor (gravelmicritas). Como este tramo es, en parte, un cambio lateral de las «carniolas», el esquema de distribución de isopacas que se adjunta corresponde a ambos conjuntos (fig. 18). En él se destaca un gran surco de dirección WNW.-ESE. situado en la parte central de la Serranía, donde llegan a alcanzarse valores de 500 m., así como otra zona en el borde NW. del esquema, peor definida, donde hay hasta 450 m. de potencia. Entre estas dos áreas subsidentes hay una zona alta, con potencias de 250-300 m.

En el Pliensbachiense superior («caliza lumaquérica») el régimen marino se instala definitivamente, teniendo la cuenca un carácter nerítico. De todos modos las variaciones de facies y la presencia de calizas detríticas hacen pensar en condiciones algo inestables, con cierta influencia continental. El carácter más acentuadamente marino parece desarrollarse hacia el NE. En todo caso, durante el Pliensbachiense superior el régimen de sedimentación en la Serranía de Cuenca; igual que en la mayor parte de la Cordillera Ibérica, era de tipo nerítico.

Durante el Toarciense («margas con Ammonites») la profundidad del medio aumenta, alcanzándose valores que estimamos en unos 120 metros, al tiempo que el índice de energía del medio

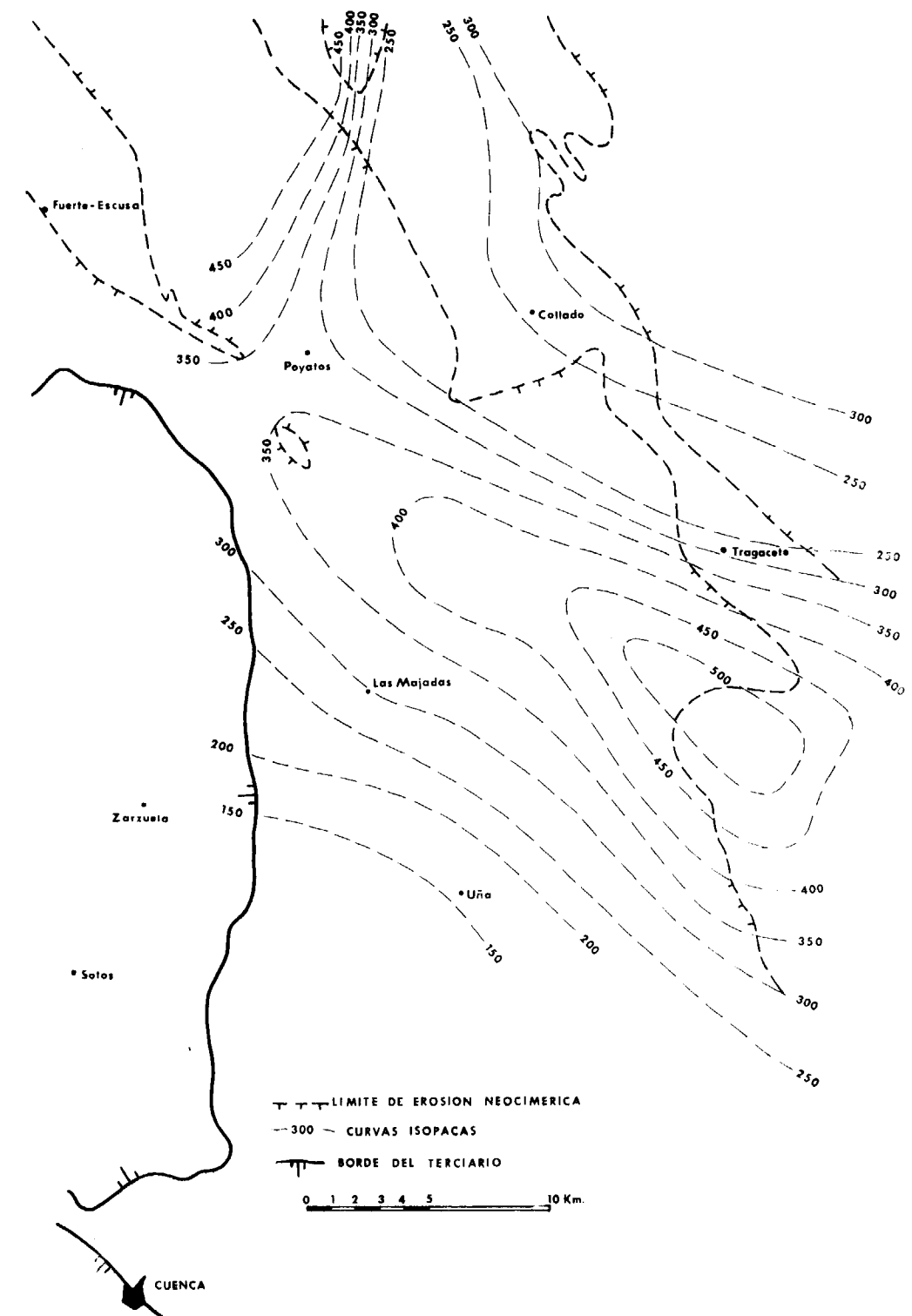


Fig. 18.—Esquema de distribución de isopacas del Lías inferior («carniolas» a Pliensbachiense inferior).

disminuye. En el Toarciense tenemos, por tanto, un mar nerítico de cierta profundidad, que en todo caso hay que considerar como mar abierto. Parece probable que en la Serranía de Cuenca existió durante el Toarciense un pequeño alto fondo en el que se desarrollaron los corales y que separaría dos ambientes: uno francamente marino hacia el NE., y otro algo más cerrado y aislado del mar abierto o quizás sólo intermitentemente aislado, con facies más terrígenas y menos fosilíferas, al SW. En el primero predominan las calizas margosas, siendo las series más fosilíferas y en particular más ricas en Ammonites, mientras que en el segundo ambiente la se-

rie es más arcillosa y margosa, escaseando los fósiles y sobre todo los Ammonites. Lo dicho anteriormente no es más que una hipótesis que necesita más datos para su confirmación. Dicho umbral cruzaría la Serranía por su centro, con dirección NW.-SE.

Al comienzo del Dogger el mar es de tipo nerítico, pero la profundidad ha disminuido considerablemente con respecto a la del Toarciense. Esta disminución de la profundidad parece que tiene lugar de un modo gradual durante el Aalenense, de modo que se observa una disminución de la misma a medida que ascendemos en la serie. Así llegamos al Bathoniense, donde las cal-

- Ammonites
- Selenites
- Mytilus
- Trigonia
- Pecten
- Plicatula
- Ostrea
- Lopha
- Retellum
- Pholadomya
- Pleuromya
- Lima
- Asteria
- Pleuronotaria
- Medusa
- Chemnitzia
- Rhynchonella
- Terebratula
- Spizigerina
- Pentacrinus
- Millecrinus
- Cidaris
- Diademopsis
- Mentivallia

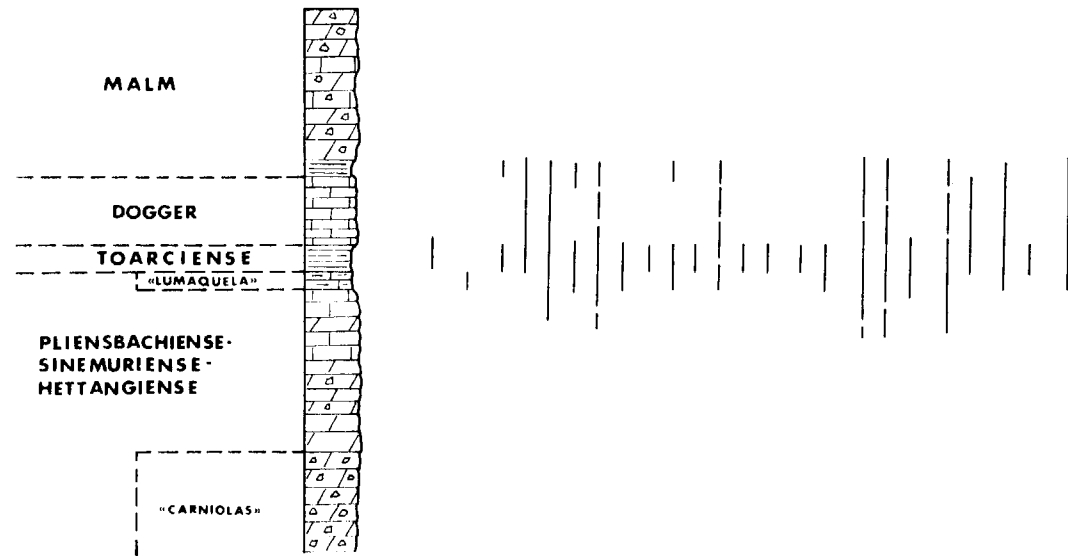
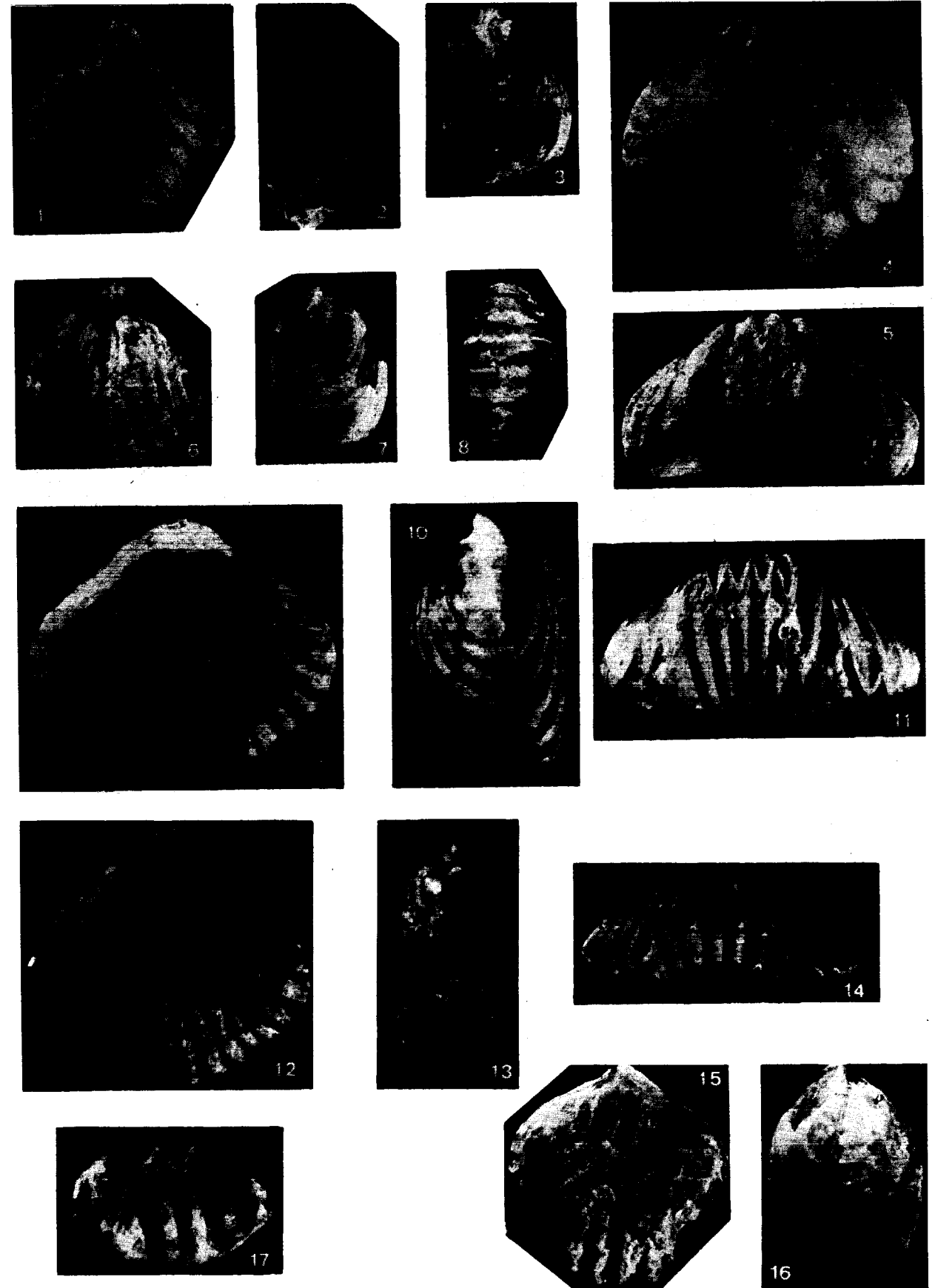


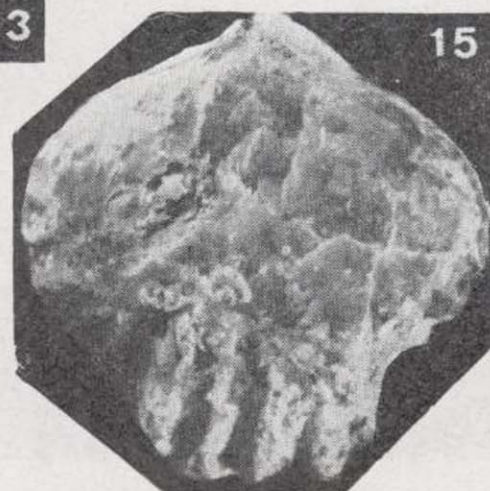
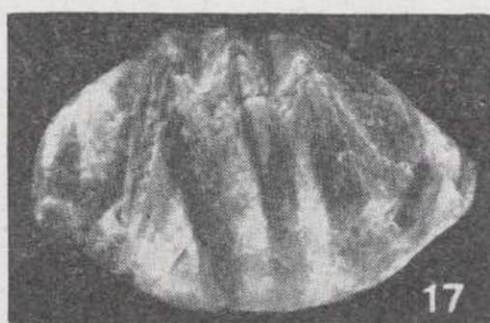
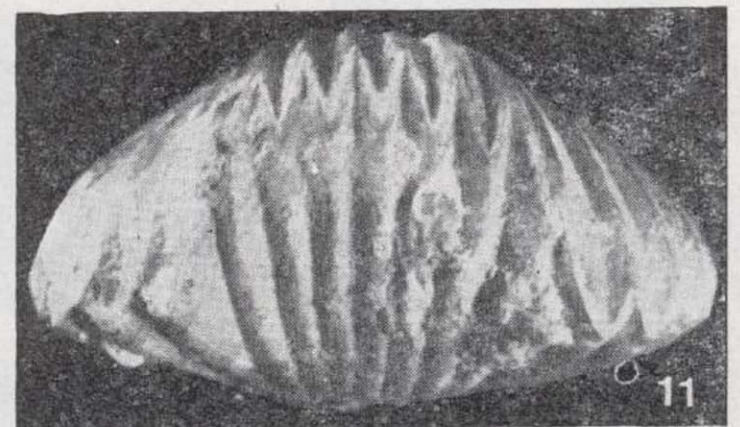
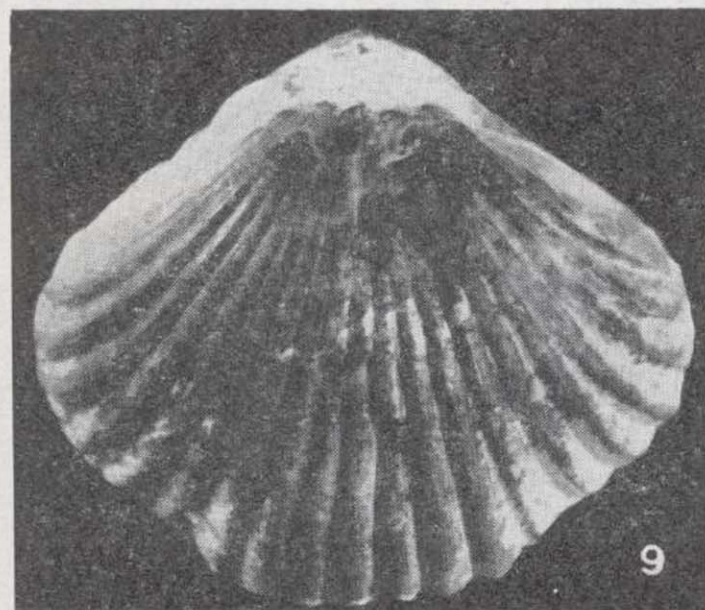
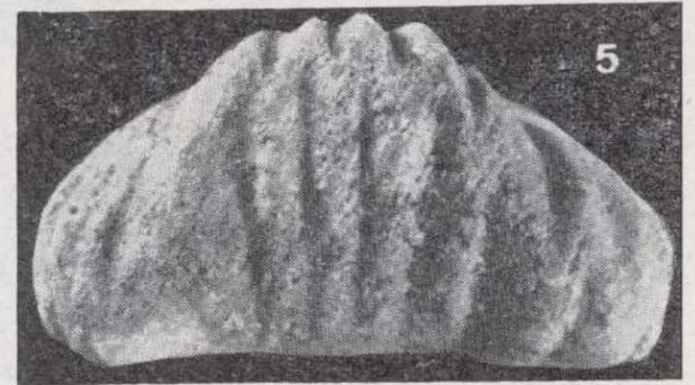
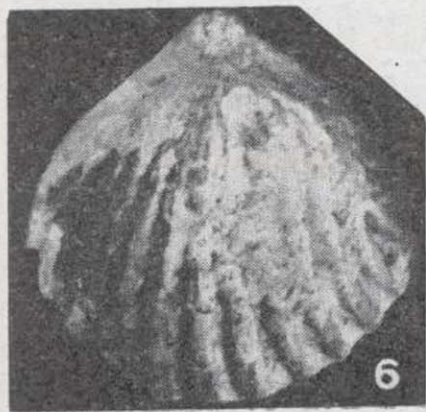
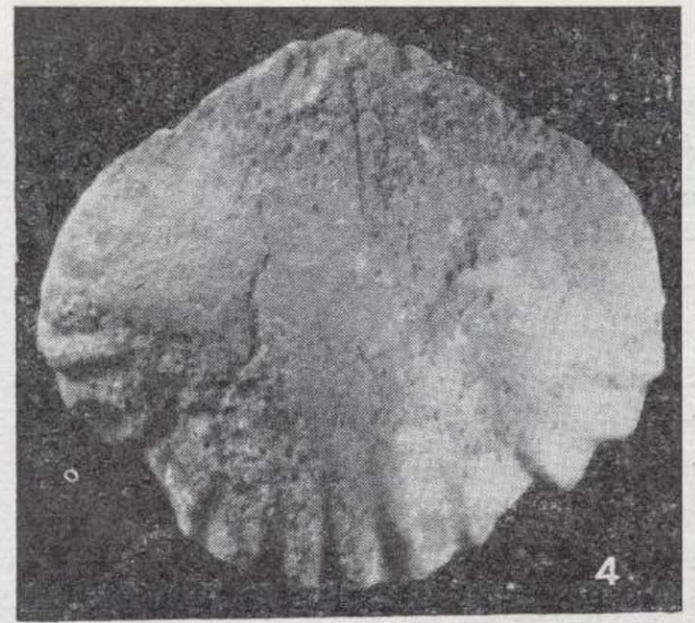
Fig. 19.—Distribución estratigráfica de los distintos grupos de macrofósiles.

L A M I N A 8

- 1-3. *Rhynchonella* sp. (gr. *bouchardi*) Dav. (x 2).
«Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).
- 4-5. *Rhynchonella* aff. *batalleri* Dubar (x 3).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
- 6-8. *Rhynchonella* sp. (forma intermedia entre *Rh. dubletouensis* Dav. y *Rh. dubletouensis* var. *attenuata* Dubar) (x 3).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).

- 9-11. *Rhynchonella fadinalis* Tate (x 3).
«Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).
- 12-14. *Rhynchonella fadinalis* var. *paucicostatae* Cast., Concha y Rev. (x 3).
«Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).
- 15-17. *Stolmorhynchia bouchardi* Dav. (x 2).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).





carentas oolíticas nos indican un medio nerítico poco profundo (menor de 40 m. muy probablemente). El mar parece que todavía era de tipo abierto, aunque las faunas van acentuando su carácter nerítico muy bruscamente. La disminución de profundidad de la cuenca va acompañada de un aumento del índice de energía del medio, llegándose en el Dogger más alto a tener un medio ambiente extremadamente agitado (oolitos y matriz cristalina).

Como hemos indicado anteriormente, no se ha podido caracterizar ni datar ningún nivel del Calloviense. Esto es muy probable que se deba a que en la Serranía de Cuenca falta este piso, pues sa-

bido es que el Calloviense (la mayor parte del superior) falta en todo el dominio de la Ibérica como ha sido puesto de manifiesto por muchos autores. Esta falta del Calloviense es posible que sea debida más bien a una condensación de los distintos niveles del mismo, como sucede en el Calloviense medio y superior de Albarracín (Riba, 1959). De todos modos no se han observado superficies ferruginosas u oxidadas en el techo de las calizas tableadas del Dogger que pudieran marcarnos la probable laguna estratigráfica. Respecto al Oxfordiense («calizas detríticas del pantano de la Toba»), lo más probable es que corresponda al Oxfordiense superior, aunque desgra-

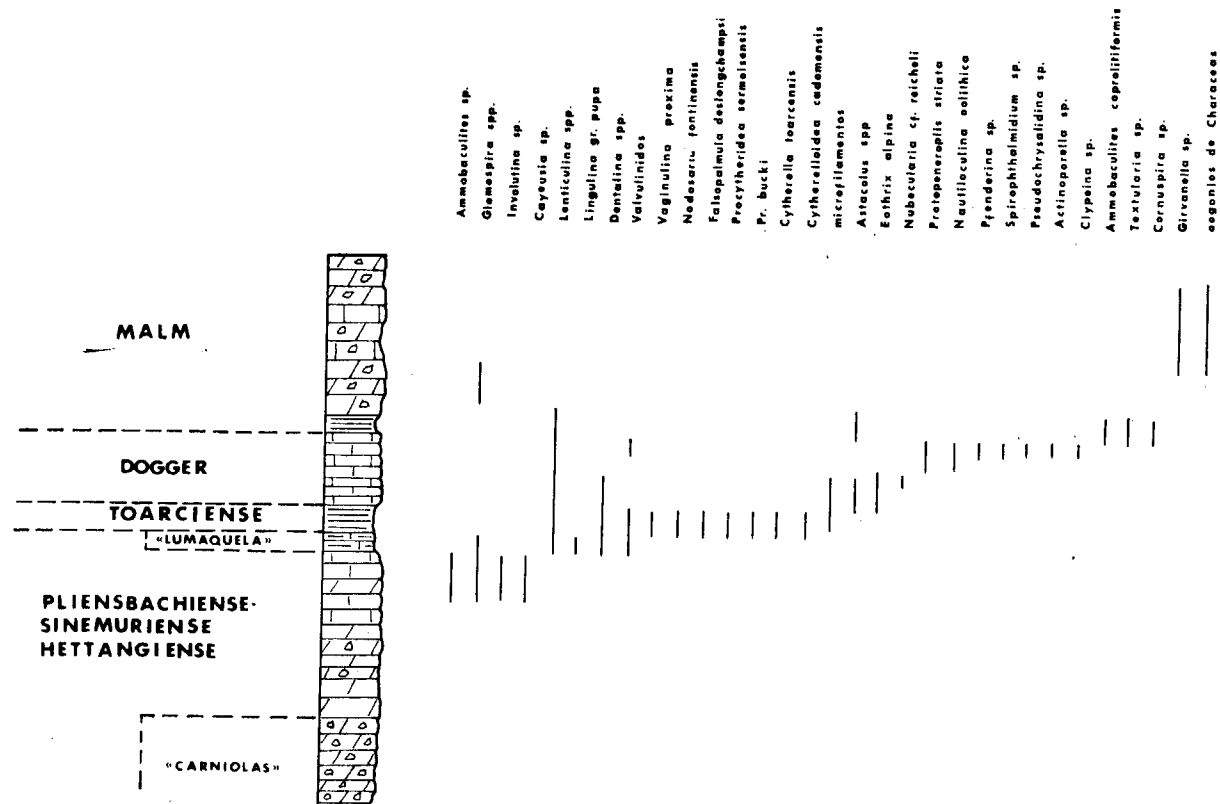
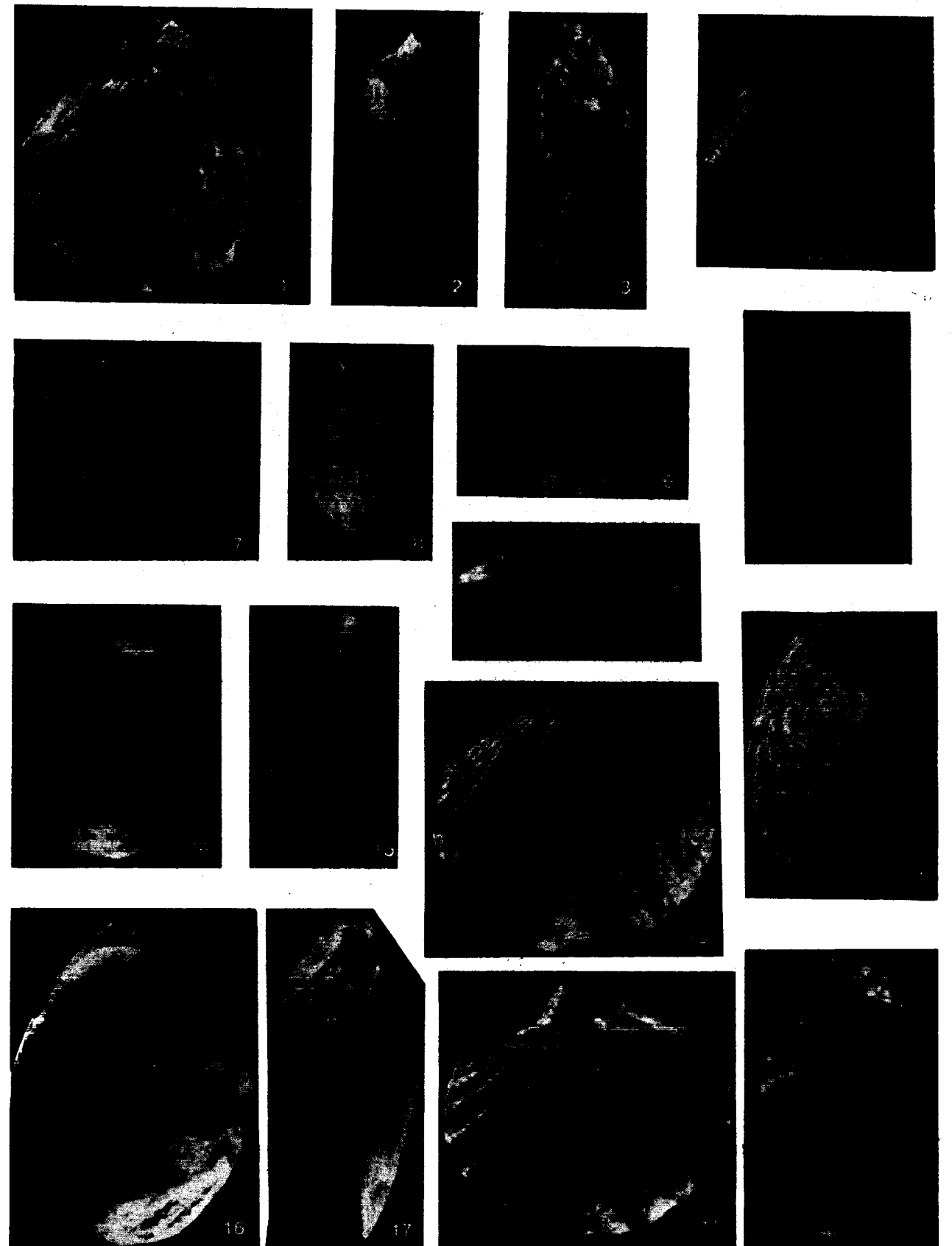
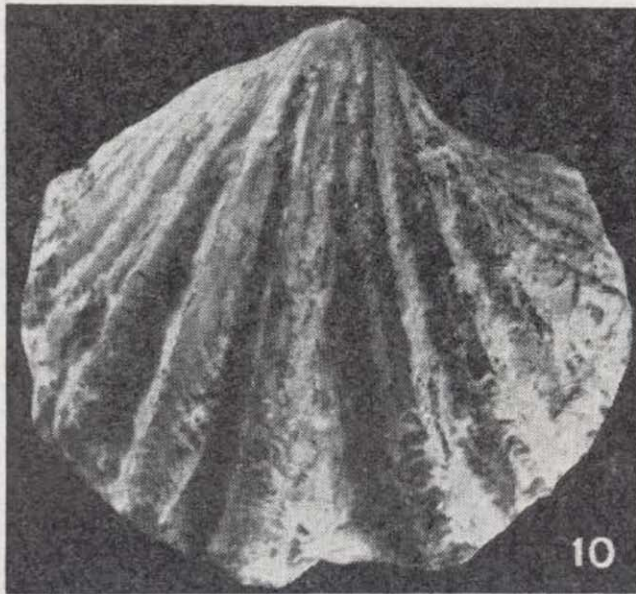
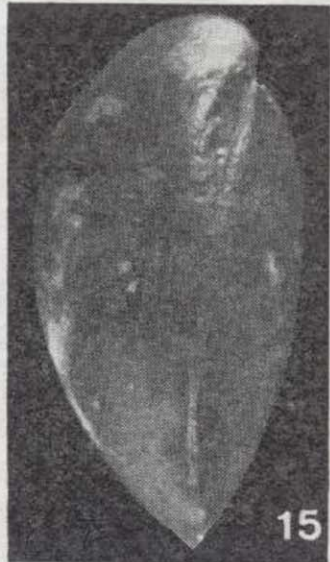
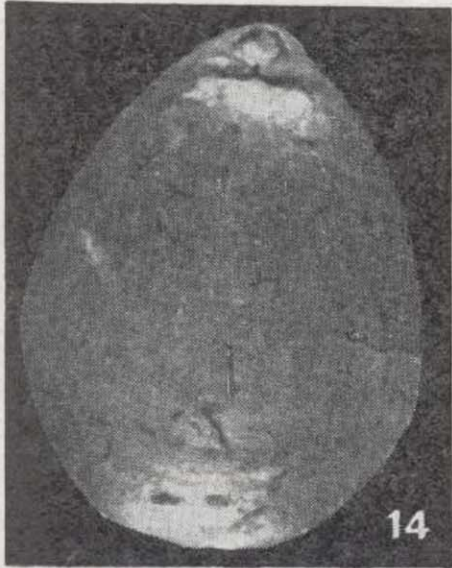
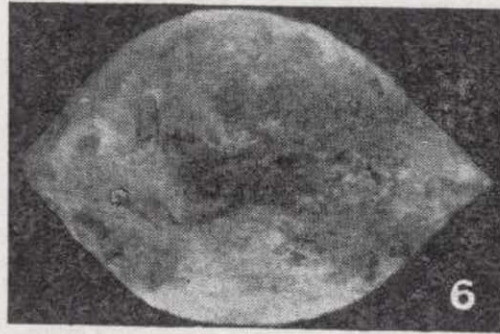
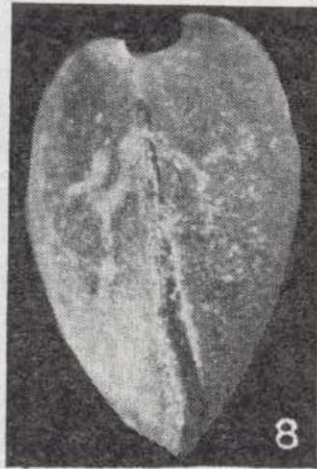
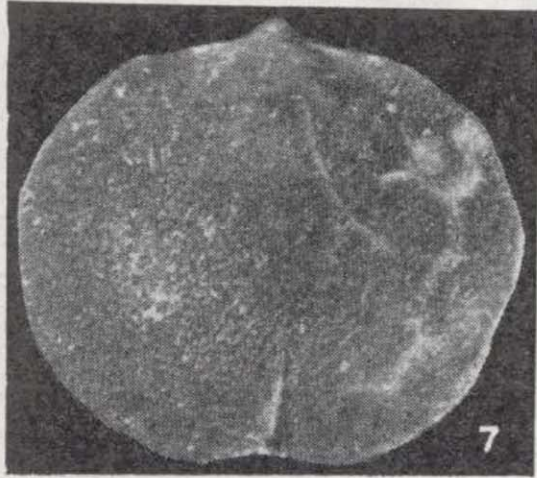
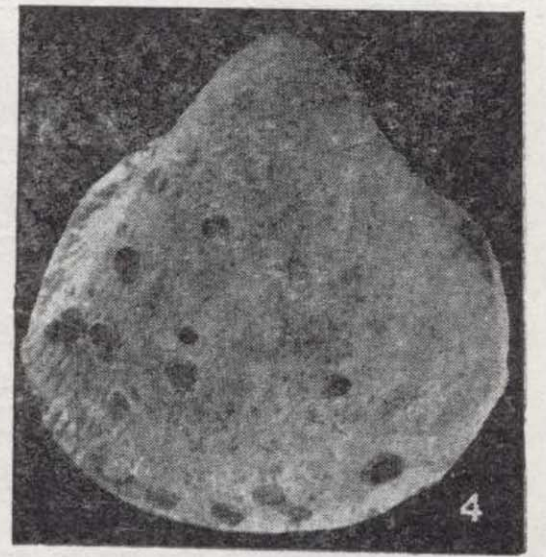


Fig. 20.—Distribución estratigráfica de los principales microfósiles.



LAMINA 9

- 1-3. *Rhynchoneila* sp. (aff. *Rh. subtriqueta* Canav.) (x 4). «Margas con Ammonites» (Toarciense).
- 4-6. *Spiriferina* gr. *alpina* Opp. (x 2,5). «Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).
- 7-9. *Spiriferina nicklesi* Corr. (x 3). «Margas con Ammonites» (Toarciense).
- 10-13. *Spiriferina* cf. *munsteri* Dav. (x 2). «Margas con Ammonites» (Toarciense).
- 14-15. *Lobothyris* gr. *subpunctata* Dav. (x 2,5). «Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).
- 16-17. *Lobothyris punctata* Sow. (x 2). «Caliza lumaquética» (Pliensbachiense superior).



ciadamente los fósiles determinados no nos permiten corroborarlo.

Durante la deposición de las calizas detríticas del pantano de la Toba el ambiente de sedimentación es de tipo nerítico a costero, caracterizado por la gran abundancia de Ostréas junto a Foraminíferos de concha arenácea (*Ammobaculites*, *Textularia*) y coprolitos. La mayor influencia terrígena o del continente y la facies son puestas de manifiesto por la litología, así como por la fauna muy litoral y la presencia de bancos detríticos constituidos por restos de organismos, muy fragmentados en la mayor parte de los casos.

En el Malm superior el medio de sedimentación, aunque en parte fuese marino (niveles con *Glomospira*), a medida que ascendemos en la serie las facies se hacen cada vez más lagunares, llegándose a tener facies «Purbeck» caracterizadas por la presencia de Charáceas y Ostrácodos, en especial en la parte superior de la serie. Tenemos, por tanto, una cuenca de facies salobre-lagunar aislada del resto del mar y desde luego de la zona de Albarracín (Riba 1959) y de Molina de Aragón (Villena et al., 1971), donde el Malm está representado por facies marinas con faunas de Ammonites. Parece lógico suponer que existiría un umbral (quizás un arrecife), que separaría estas zonas y que no se ha podido observar porque muy posiblemente haya desaparecido como consecuencia de la erosión Neocimérica.

Aunque los afloramientos del Malm se encuentran en la actualidad solamente en la región S. de la Serranía, parece muy probable suponer que se ha depositado en toda ella, pues se encuentra en la Sierra de Altomira (Sánchez Soria y Pignatelli, 1967), siendo las facies de las formaciones infrayacentes muy semejantes al N. y al S., lo que no parece indicar, por otra parte, un brusco cese de sedimentación en la región N., que continuaría en la zona S. Tampoco se han observado sedimentos detríticos gruesos que permitan suponer la proximidad de la costa.

6. CONCLUSIONES

a) El Jurásico de la Serranía de Cuenca aparece dividido en siete formaciones perfectamente diferenciables y en conjunto relativamente bien datables, que abarcan desde el Lías inferior al Malm.

b) Aparece afectado por la erosión Neocimérica, lo que motiva que la distribución espacial de las distintas formaciones sea irregular y que algunas, como ocurre con el Malm, sólo aparezcan en ciertas regiones.

c) Su contenido fosilífero a lo largo de toda la serie es bastante grande (figs. 19-20), pero también bastante menor que en otras regiones de la Cordillera Ibérica, lo que dificulta su datación precisa.

d) Corresponde a una serie formada en un ambiente marino nerítico, pero con influencia continental acusada y con dificultades para el desarrollo de una fauna abundante.

e) En el Malm superior aparecen las primeras intercalaciones salobres y continentales que nos definen la facies «Purbeck».

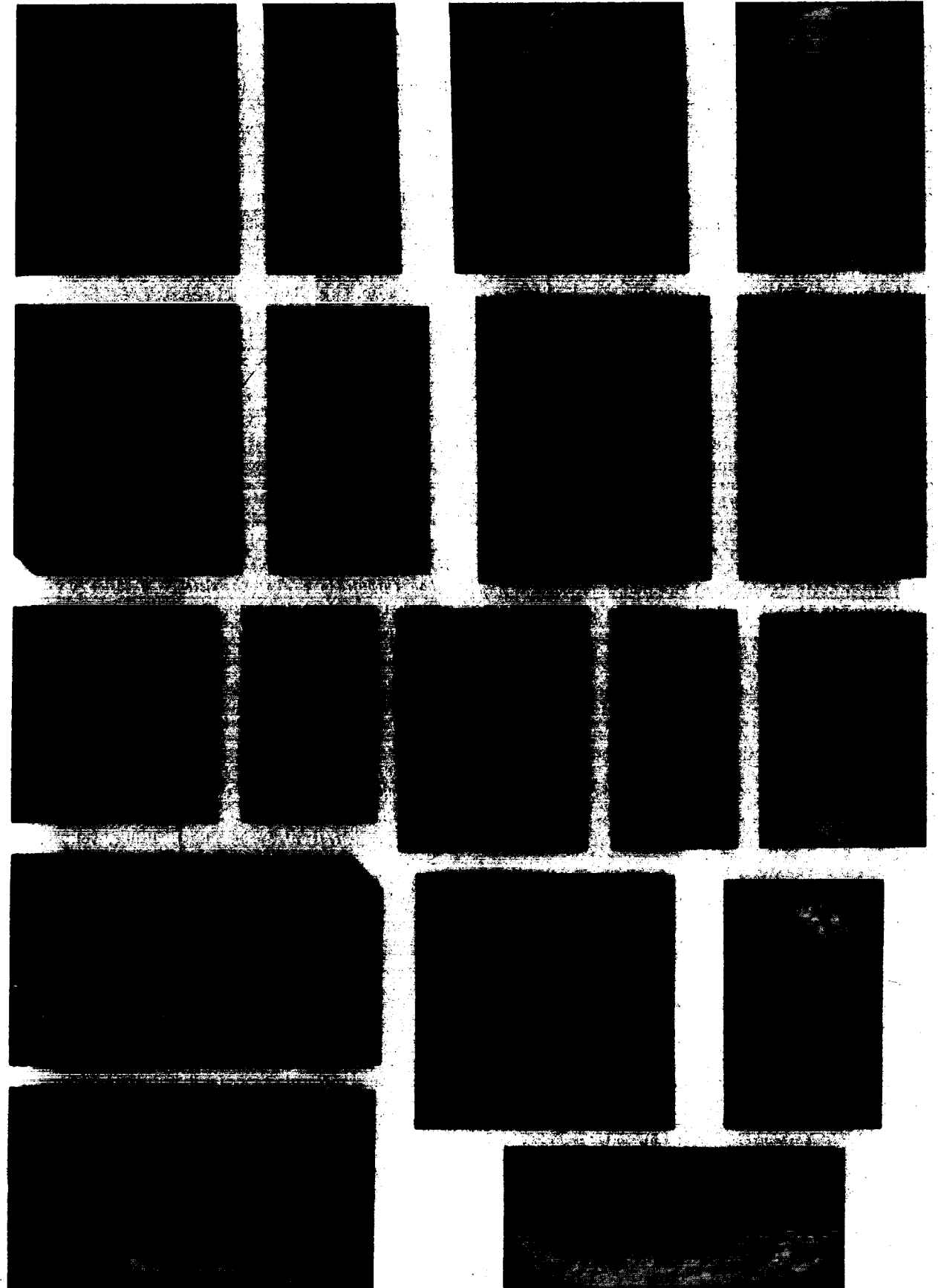
f) En general, se puede considerar que la Serranía de Cuenca corresponde a un surco subsidente aislado, en el que se desarrollan facies más restringidas que en las regiones situadas al E. y NE. (Albarracín, Molina de Aragón), principalmente durante el Malm.

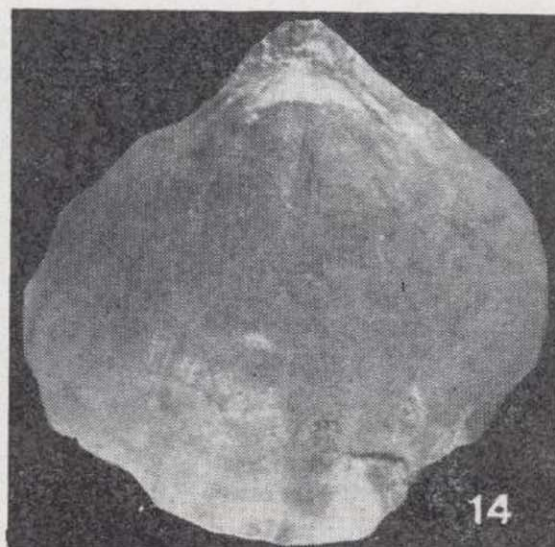
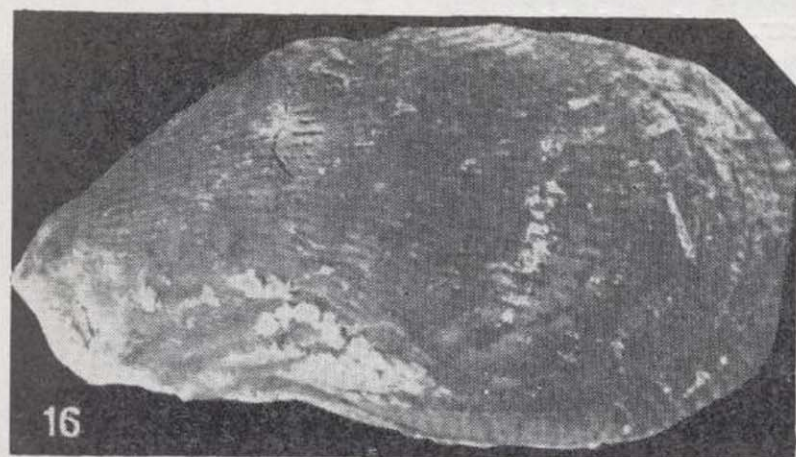
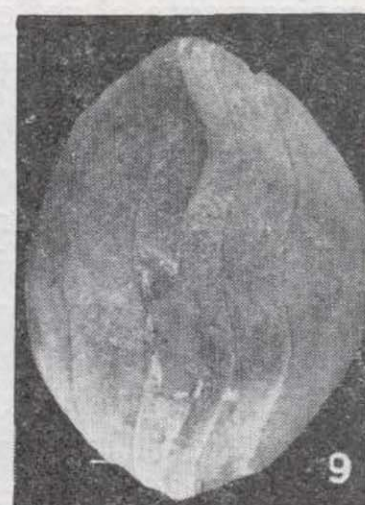
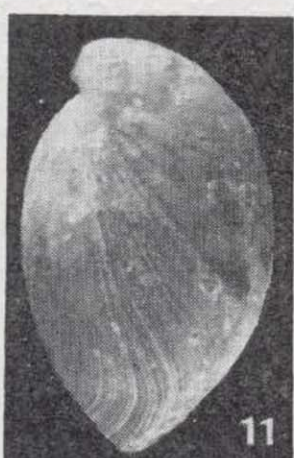
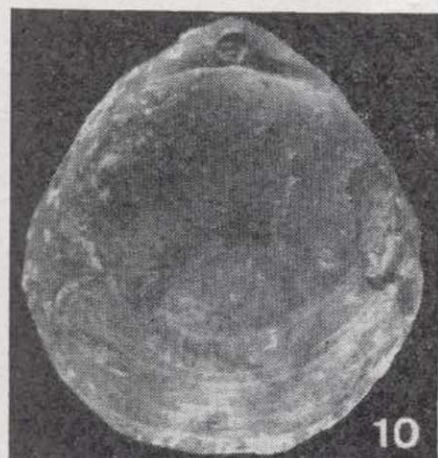
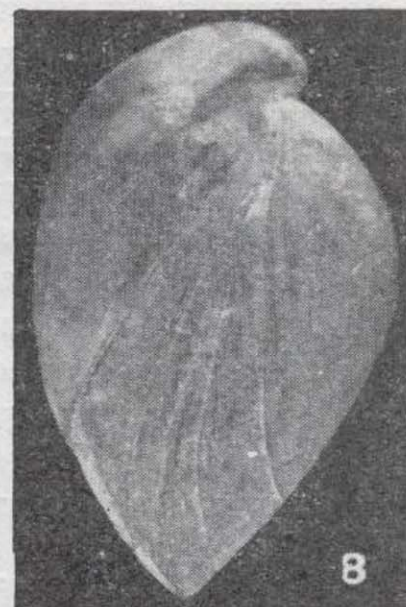
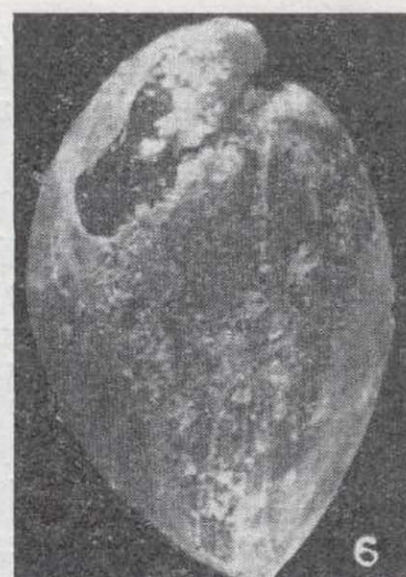
g) La zona de separación, que probablemente correspondió a un alto sedimentario, debió estar situada entre la Serranía de Cuenca y la Sierra de Albarracín, encontrándose actualmente erosionada por la fase Neocimérica. Se ha expuesto la posibilidad de que correspondiera a un arrecife desarrollado durante el Malm, ya que las facies de esta edad presentes en la Serranía de Cuenca apuntan hacia un origen lagunar, posiblemente post-recifal.

LAMINA 10

- 1-2. *Terebratula* gr. *thomarensis* Choff. (× 2,5).
«Margas con Ammonites», parte basal (Toarciense).
3-4. *Terebratula jauberti* Desl. (× 1,5).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
5-6. *Terebratula thomarensis* Choff. (× 2).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
7-9. *Zeilleria stephani* Dav. (× 2).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
10-11. *Terebratula* gr. *jauberti* Desl. (× 1,5).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).

- 12-13. *Lobothyris* gr. *punctata* Sow. (× 2).
«Margas con Ammonites», parte basal (Toarciense).
14-15. *Rhynchonella bouchardi* Dav., var. *penichensis* Dubar (× 3).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
16-17. *Mytilus pectinatus* Sow. (× 2).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
18. *Pharomytilus sowerbyanus* d'Orb. (× 1,5).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).





h) Aunque no se han podido determinar con exactitud, debido a la falta de series completas como consecuencia de la erosión Neocimérica, parece probable que esta subcuena estuviera a su vez compartimentada por algunos umbrales de dirección NW-SE., que habrían causado la existencia de facies ligeramente diferentes a ambos lados. Donde mejor se puede ver este fenómeno, es en el Toarciense.

i) En conjunto, el Jurásico de la Serranía de Cuenca se puede interpretar como un gran ciclo sedimentario transgresivo, en el que partiendo de facies muy restringidas lagunares en la base, se va pasando hacia el techo a facies neríticas cada vez más abiertas al mar libre, hasta alcanzar el máximo de la transgresión con facies francas de mar libre en el Toarciense. Durante el Dogger-Malm, las facies van siendo cada vez más restringidas, marcándose claramente la regresión, hasta el Malm superior, donde vuelven a aparecer facies lagunares. No se pueden determinar aquí los dos grandes ciclos transgresivos citados en regiones situadas al E. y NE. (Albarracín, Molina de Aragón) durante el Toarciense y Oxfordiense. Aunque quizás se podría considerar que los sedimentos atribuidos al Oxfordiense («calizas detríticas del pantano de la Toba»), podrían corresponder precisamente al reflejo de la segunda transgresión, bajo un ambiente mucho más restringido de plataforma.

j) No se observan en la Serranía de Cuenca influencias detríticas importantes. Hay que suponer que, caso de existir como consecuencia de los movimientos orogénicos Neociméricos, quedaron restringidas a regiones situadas más al W. en las proximidades de la Meseta, o que si llegaron a afectar a esta región, tales sedimentos fueron arrasados a su vez antes de la sedimentación del Cretácico.

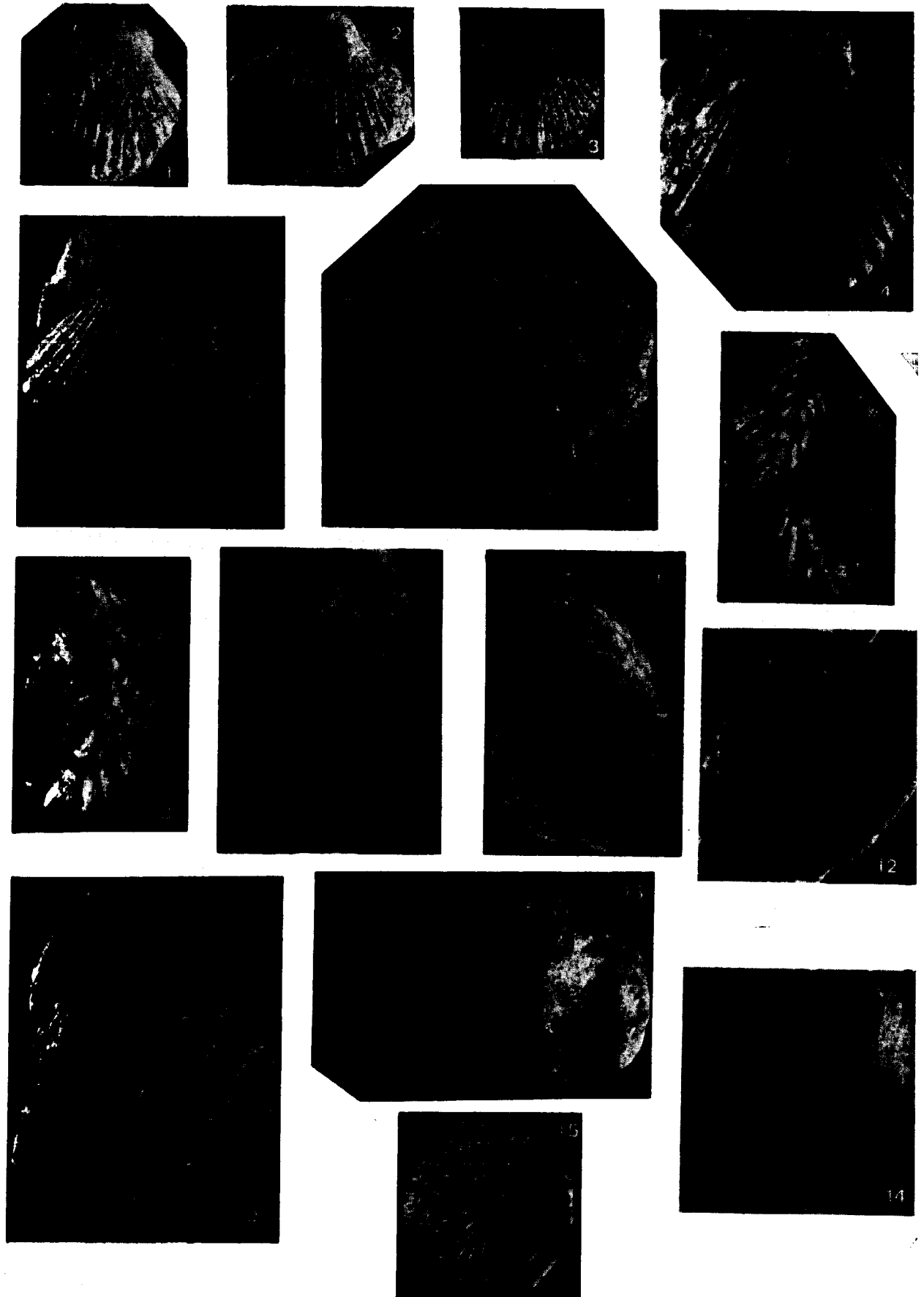
BIBLIOGRAFÍA

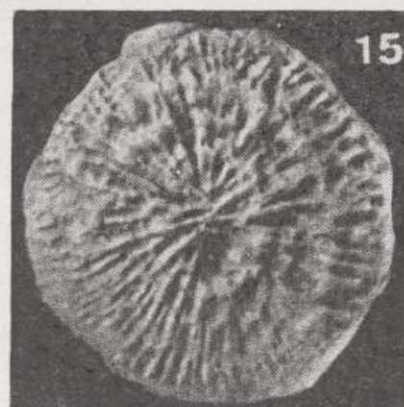
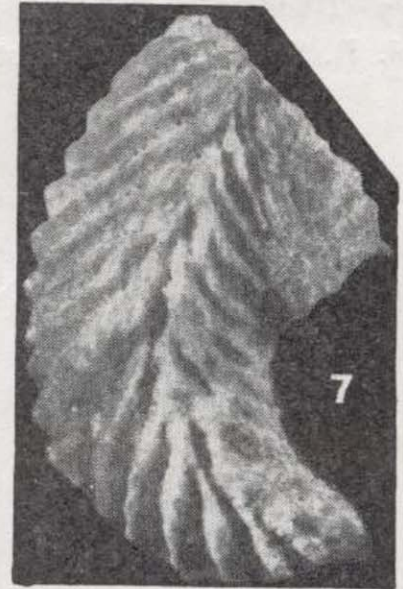
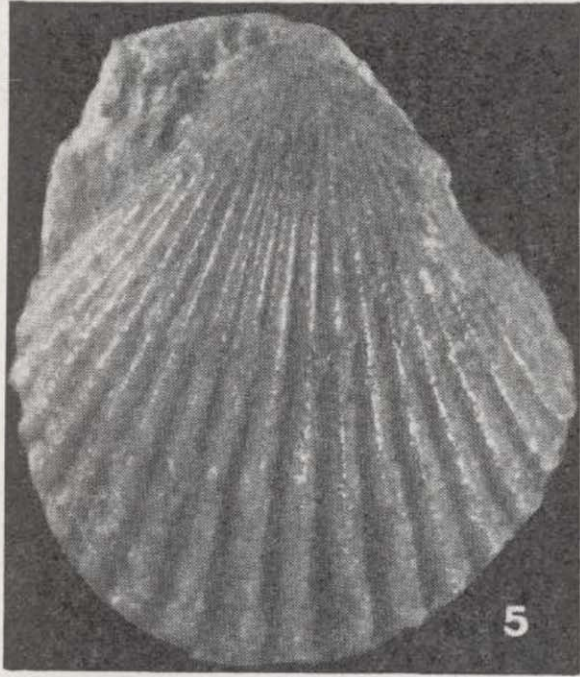
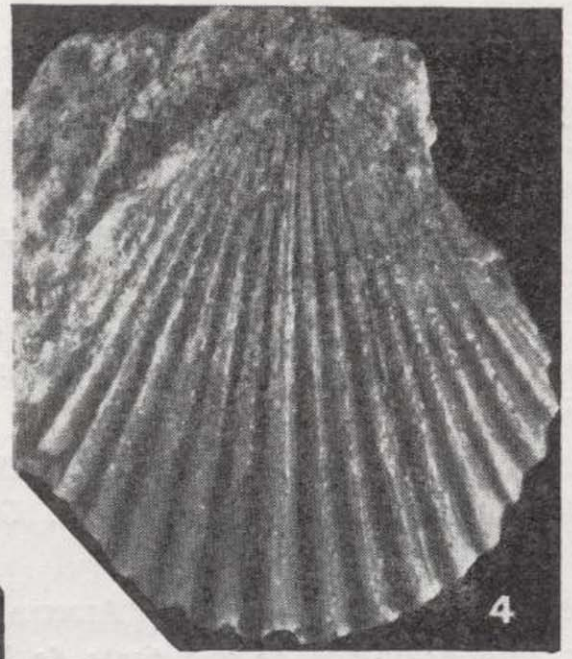
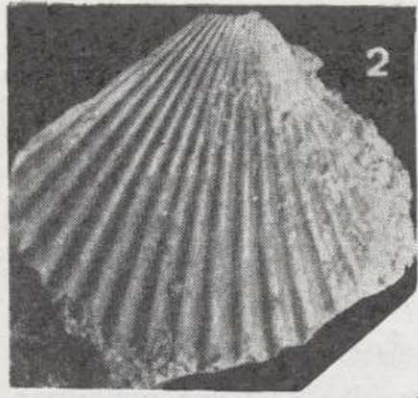
- BEHMEL, H. y GEYER, O. F. (1966). *Stratigraphie und Fossilführung im Unterjura von Albarracín*. «N. Jb. Geol. Paläont. Abh.», 124, 1-52.
- CORTÁZAR, D. (1875). *Descripción física, geológica y agro-lógica de la provincia de Cuenca*. «Mem. Com. Mapa Geol. España», 2, 1-406.
- CUVILLIER, J. (con la colaboración de SACAL, V.) (1961). *Stratigraphic correlations by microfacies in Western Aquitaine*. «E. J. Brill.», Leiden.
- FELGUEROSO, C. y RAMÍREZ DEL POZO, J. (1971). *Estratigrafía del Jurásico en la zona de Teruel-Morella (Maestrazgo)*. «Cuad. Geol. Ibér.», 2 (en prensa).
- GAIBAR-PUERTAS, C. y GEYER, O. (1969). *Estratigrafía, edad y espesor atribuibles al Liásico manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Ibérica*. Bol. Geol. Min. IGME., 80, 1-44.
- GAUTIER, F. (1968). *Sur la stratigraphie et la facies du Jurassique supérieur et du Cretacé inférieur au Nord de Teruel*. «C. R. Soc. Geol. Fr.», 43-45.
- KINDELÁN, J. A. (1946). *Explicación geológica de la Hoja núm. 610, Cuenca*. IGME.
- MALLADA, L. (1885). *Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España, sistemas Triásico y Jurásico*. «Bol. Com. Mapa Geol. España».
- (1902). *Explicación del Mapa Geológico de España*. «Mem. Com. Mapa Geol. España», t. 4, sistemas Permiano, Triásico y Liásico.
- MELÉNDEZ HEVIA, F. (1971). *Estudio geológico de la Serranía de Cuenca en relación a sus posibilidades petrolíferas*. Tesis doctoral. Fac. Cienc. Madrid, 250 págs.
- NEUMANN, M. (1967). *Manuel de Micropaléontologie des Foraminifères*, t. I. Gauthier-Villars, París.
- PERCONIG, E. (1968). *Microfacies of the Triassic and Jurassic sediments of Spain*. «E. J. Brill.», vol. X, Inst. Sec. Petr. series, Leiden.

LAMINA 11

- 1-2. *Pecten aequivalvis* Sow. (tamaño natural).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
3. *Pecten* cf. *pradoanus* Vern (tamaño natural).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
4. *Pecten personatus* Goldf. (x 2).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
5. *Pecten priscus* Schl. (x 2,5).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
6. *Pecten acuticostatus* Lam. (x 1,5).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
7. *Lopha gregaria* Sow. (x 1,5).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
8. *Rastellum asellum* Mer. (x 2).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).

9. *Pholodomya idea* d'Orb. (x 0,7).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
- 10-11. *Pholadomya ambigua* Sow. (x 0,5).
«Caliza lumaquélica» (Pliensbachiense superior).
12. *Astarte excavata* Sow. (x 3).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
13. *Pleuromya glabra* Agass. (x 2,5).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
14. *Pentacrinus jurensis* Ouenst. (x 6).
«Margas con Ammonites» (Toarciense).
15. *Monitivalia* sp. (x 1,5).
«Calizas tableadas» (Dogger).





- KAMÍREZ DEL POZO, J. (1971). *Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del norte de España (región Cantábrica)*. «Mem. Inst. Geol. Min. España», 71 (tres volúmenes).
- RIBA, O. (1959). *Estudio geológico de la Sierra de Albarra-cín*. CSIC, 1-284.
- y RÍOS, J. M. (1960-62). *Observations sur la structure du secteur sud-ouest de la chaîne Iberique*. «Livre P. Fallot, Soc. Geol. Fr.», 275-290.
- RICHTER, G. y TEICHMÜLLER, R. (1933). *Die entwicklung der keltiberischen ketten*. «Abh. Gess. Wiss. Göttingen, Math-Phys., Kl.», 3, 7.
- RÍOS, J. M., GARRIDO, J. y ALMELA, A. (1944). *Reconoci-miento geológico de una parte de las provincias de Cuen-ca y Guadalajara (zona de Cuenca-Priego-Cifuentes)*. «Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.», 42, 107-128.
- SÁNCHEZ SORIA, P. y PIGNATELLI, R. (1967). *Notas geológicas de la Sierra de Altomira*. «Bol. R. Soc. Española Hist. Nat.», 65, 231-240.
- TINTANT, H. y VIALARD, P. (1970). *Le Jurassique moyen et supérieur de la chaîne Iberique Sud-occidentale aux con-fins des provinces de Teruel, Valencia et Cuenca*. «C. R. Soc. Geol. Fr.», 207-208.
- VILLENA, J., RAMÍREZ DEL POZO, J., LINARES, A. y RIBA, O. (1971). *Características estratigráficas del Jurásico de la región de Molina de Aragón (zona comprendida entre Monreal del Campo y Zaorejas)*. «Cuad. Geol. Ibér.», 2 (en prensa).
- WEYNSCHENK, R. (1956). *Some rare Jurassic index Fora-minifera*. «Micropaleontology», 2, 283-286.

Recibido: 25 de junio de 1972.

Presencia de calizas del Cretáceo superior en el extremo suroeste de la Sierra Norte de Mallorca (Balears)

por A. BATLLE (1), C. FELGUEROSO (1) y J. FUSTER (2)

RESUMEN

En la presente nota se indica la existencia de numerosos afloramientos de calizas del Cretáceo superior en el extremo suroeste de la Sierra Norte de Mallorca. Los trabajos geológicos anteriores, suponiendo estos afloramientos como jurásicos, presentan una interpretación tectónica errónea. La clasificación correcta de estas calizas permite establecer una disposición estructural más sencilla.

RÉSUMÉ

Dans la présente note on remarque l'existence de plusieurs affleurements de calcaires du Crétacé supérieur dans l'extrémité sud-ouest de la Sierra Norte de Majorque. Les travaux géologiques précédents, en supposant ces affleurements comme jurassiques, présentent une interprétation tectonique erronée. La classification correcte de ces calcaires permette d'établir une disposition structurales plus simple.

La investigación hidrogeológica de las Sierras de Mallorca que realiza el Instituto Geológico y Minero de España con motivo del Estudio Regional de Recursos Hidráulicos Totales de Mallorca, que actualmente confeccionan los Ministerios de Obras Públicas, Industria y Agricultura, nos ha permitido descubrir nuevos datos sobre la geología de las Baleares, uno de los cuales, por su mayor importancia, ponemos ahora en conocimiento y consideración del lector. Se trata de la existencia de afloramientos del Cretácico superior en la isla de Mallorca, más concretamente en el extremo suroeste de la Sierra Norte, afloramientos que hemos podido poner en evidencia con motivo de los trabajos de cartografía geológica realizados durante el año 1971.

ANTECEDENTES

P. Fallot (1922), en su básica obra sobre la Geología de las Baleares, termina la sedimentación

- (1) Instituto Geológico y Minero de España,
(2) Comité de Coordinación Interministerial de Mallorca.

secundaria en estas islas en el Cenomanense. Posteriores estudios, incluidas dos tesis, E. N. Spiker (1935) y U. Haanstra (1935), referidas respectivamente a las mitades E. y W. de Ibiza, no citan en absoluto niveles posteriores al Cenomanense. El estado de conocimientos existentes hasta la primera mitad de siglo se refleja en el trabajo de síntesis de Hollister (1937) en que se destaca la diferencia de facies entre el Cretácico de las Béticas, que abarca hasta el Maestrichtien-se, y el de las Baleares en que el Cretácico superior no estaría representado en absoluto.

En otro libro básico, «Estudio sobre la sedimentación profunda de las Baleares», G. Colom (1947) cita las primeras Globotruncanas que le permiten datar niveles en el Cenomanense-Turonense, y posteriormente S. M. Oliveros, B. Escandell y G. Colom (1960) encuentran en los conglomerados terciarios cantos de calizas con Globotruncanas, que datan en el Cenomanense. Iniciada ya la redacción de esta nota, G. Colom (1972) ha publicado otra en que se describen afloramientos que van del Cenomanense al Coniacen-se a lo largo de todo el borde meridional de la

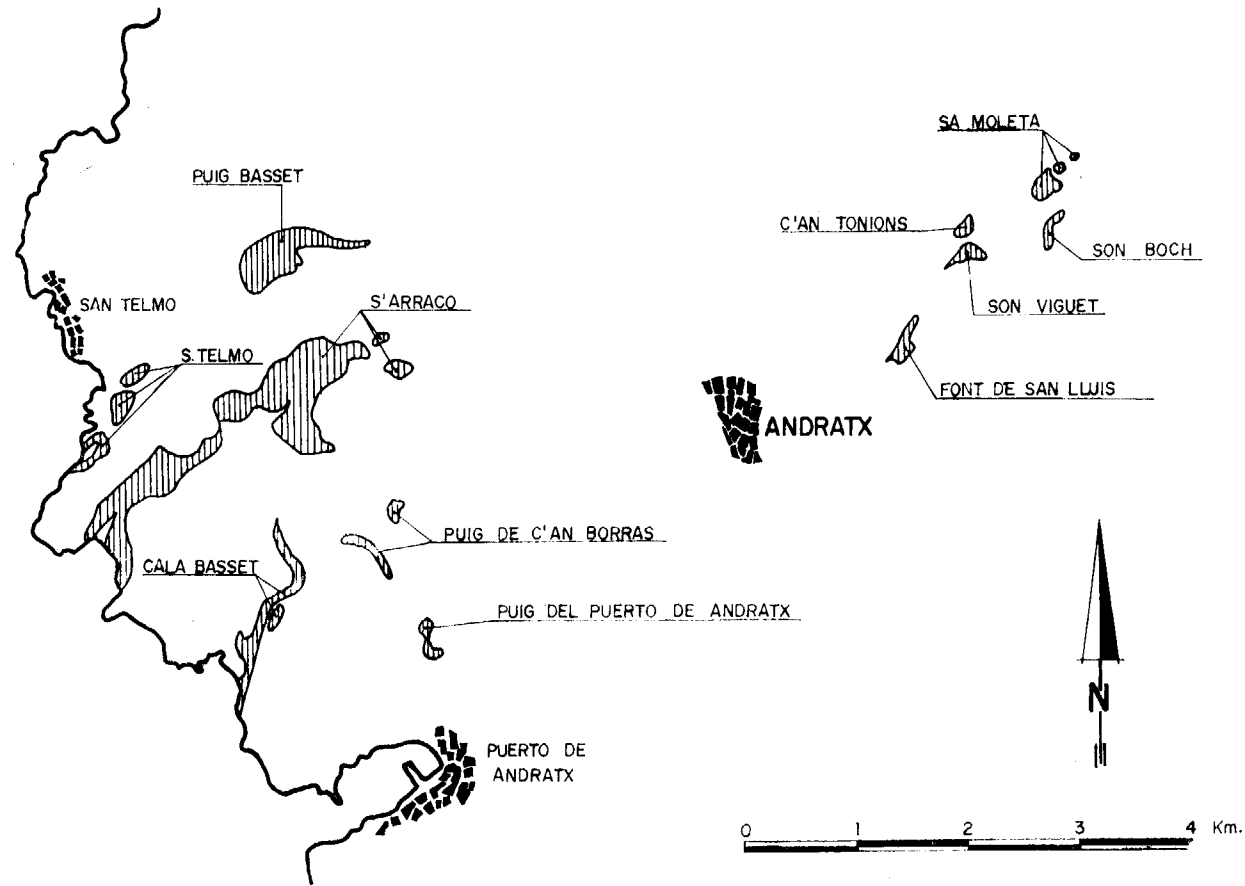


Fig. 1.—Afloramientos del Cretáceo superior en el borde S. W. de la Sierra de Mallorca.

Sierra Norte de Mallorca. En la región que aquí se describe cita únicamente los afloramientos de S'Arracó y San Telmo, y sus últimos lechos los data, paralelamente a nuestras observaciones, en la base del Santoniense. No se mencionan, en cambio, el resto de los afloramientos, entre ellos el de Puig Basset, donde, como veremos, se hallan los estratos más altos del Cretácico que han resistido la erosión.

La presencia del Cretácico superior en las Baleares queda ya definitivamente comprobada para la Isla de Ibiza, posiblemente hasta la base del Maestrichtiense, por los trabajos de Y. Rangheard, J. Sigal et M. Durand Delga, 1962, y Y. Rangheard et J. Sigal, 1963, previos a la tesis presentada por el primero de los autores citados (Y. Rangheard, 1969) y para la isla de Mallorca tras el trabajo aludido de Colom y esta pequeña aportación nuestra.

FACIES Y AFLORAMIENTOS

En el Sudoeste de la isla de Mallorca y en la terminación de la Sierra Norte hemos encontrado diversos afloramientos de calizas y margocalizas blancas o claras, las «calcaires ivoirins» de los autores franceses, cuyo estudio en láminas delgadas ha permitido, por las asociaciones de Globo truncanas, datarlos como del Cretácico superior.

Los afloramientos se sitúan normalmente con cordantes con los niveles margosos Cenomanense-Turonenses del Valle de S'Arracó. Su aspecto calcáreo y duro en contraste con las margas habría inducido a los autores precedentes a asimilarlos a las calizas del Lías inferior, con lo que se veían obligados a complicar todavía más la estructura a base de pliegues y escamas características de la Sierra de Mallorca.

En la figura 1 quedan reflejados los afloramientos

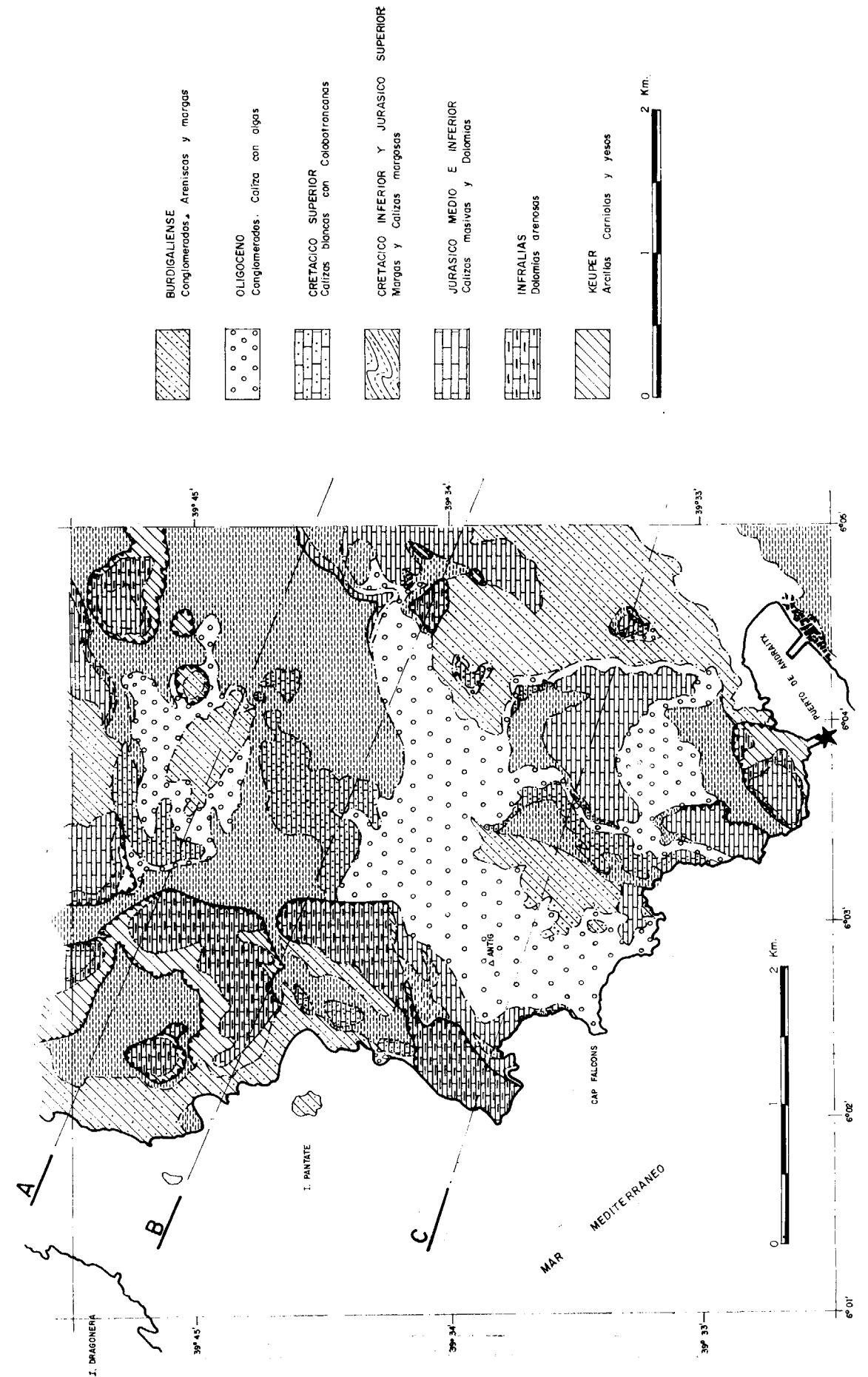


Fig. 2.—Mapa geológico del borde S. W. de la Sierra Norte de Mallorca.

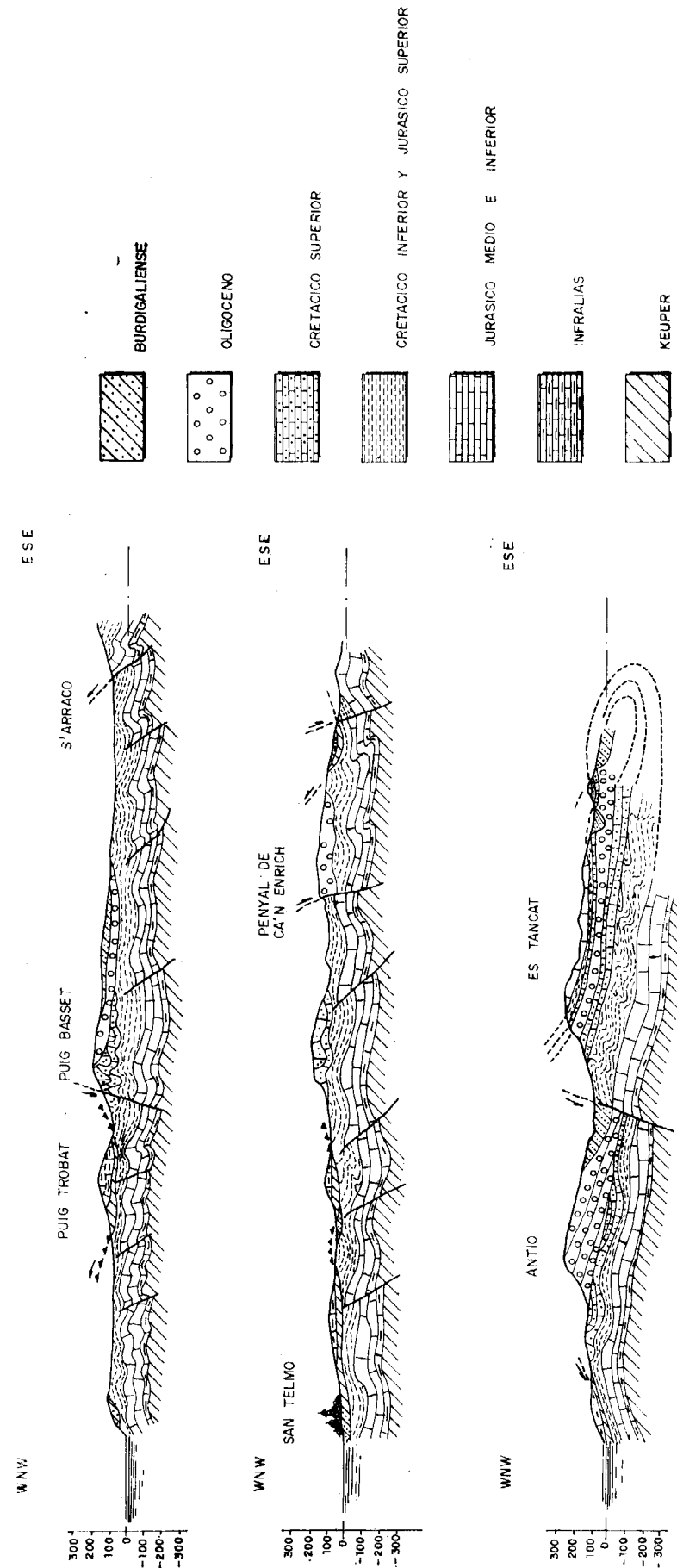


Fig. 3.—Cortes estructurales del borde S. W. de la Sierra Norte de Mallorca.

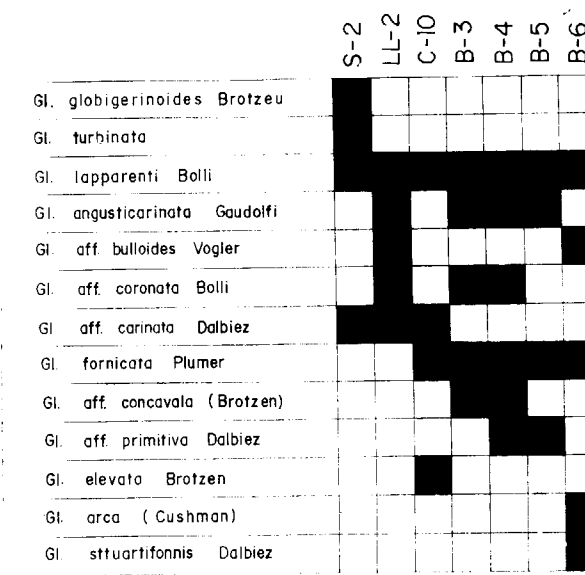


Fig. 4.—Repartición de las especies de Globotruncanas.

tos que hemos encontrado en la zona de Andratx. Hacia el Este aparecen con muy poca potencia a lo largo de todo el borde NW de la alineación anticlinal del Garrafa-Grúa (Font de S. Lluís, Son Vignet, C'an Tonions, Son Bosch y Sa Moïeta). No nos ha sido posible comprobarlo por ahora, pero su presencia es más que probable en la vecina isla Dragonera.

Los afloramientos más potentes y con especies fosilíferas más interesantes se encuentran en la zona de S'Arracó y San Telmo; en las figuras 2 y 3 pueden verse su cartografía detallada y disposición estructural en la Sierra Norte de Mallorca.

La facies es siempre parecida y no es posible hacer distinciones de niveles salvo por las asociaciones de Foraminíferos, ya que no se encuentran microfósiles. Las determinaciones micropaleontológicas se deben al estudio de láminas delgadas realizado por J. Luis Saavedra, quien, a pesar de las dudas que siempre presentan las clasificaciones de láminas delgadas de Globotruncanas, ha intentado la atribución a pisos concretos para no dejar las edades en un «amplo Senonense» (fig. 4).

Se trata de calizas puras, blancas o amarillentas microcristalinas, calcilititas. La facies es marina pelágica correspondiente al talud oceánico. Biomieritas.

Aparte de las Globotruncanas de las que hablamos más adelante, hay otros muchos microfósiles, de los géneros *Thamminella*, *Rotalipora*,

Gumbelina y restos de *Nannoconus*. También otros Globigerináceos (*Hedbergella*, *Heterohelix*, *Globigerinelloides*). En los niveles más inferiores se encuentran algunos pocos foraminíferos propios del bentos como *Robulus* sp. y prismas de Inocerámidos.

Los estratos presentan normalmente en sus juntas margas blanquecinas algo arenosas.

En el grupo de afloramientos de Cala Banet, Puerto de Andratx, San Telmo y S'Arracó y únicamente nos ha dejado los lechos calcáreos de las primeras capas superpuestas a las margas Cenomanense (muestras S-2).

En el Santoniense, Zonas de *Globotruncana carinata* y *G. concavata* deben situarse las muestras L1-2 y las inferiores de la serie de Puig Banet (B-3; B-4 y B-5).

La muestra C-10, también del Puig Banet, representa ya niveles que pueden pertenecer a la base del Campaniense (Zona de *G. elevata*) y los niveles más superiores corresponden a la muestra B-6 en que aparecen ya claramente Globotruncanas del grupo arca (*Gol. arca* Cush) y *G. aff. stuartiformis* Dalbiez.

Es posible que incluso queden niveles de la base del Maestrichtiense, pero esta circunstancia no ha quedado demostrada por ahora.

No hay que olvidar sin embargo que, como se trata de unos niveles sometidos a una intensa erosión, aunque queden escasos restos de afloramientos y no muy completos, no cabe duda de que por lo menos en el borde más occidental de la Sierra de Mallorca la sedimentación durante el Cretácico superior tuvo que tener gran importancia, tanto en potencia como en extensión.

DISPOSICIÓN ESTRUCTURAL

El descubrimiento de la existencia del Cretácico superior ha tenido por otra parte un gran interés estructural porque estos niveles, por su carácter calcáreo y desprovistos de microfósiles, habrían sido confundidos por Fallot y la bibliografía posterior con las calizas marinas del Lías inferior. El resultado, dentro de la tectónica eminentemente tangencial de la Sierra, había inducido a suponer y cartografiar nuevos cabalgamientos que complicaban extraordinariamente las estructuras, en lugares que correspondían a contactos normales e incluso concordantes. Esto es lo que ocurre en los afloramientos de la zona de S'Arracó y San Telmo en que las calizas con Globotruncanas descansan subhorizontales sobre las margas Albienses-Cenomanenses inferiores.

En el Puig Basset, que es donde puede encontrarse la serie más completa, la tectonización ha producido numerosos pliegues aprovechando la menor resistencia de los estratos y una falla de poco salto se sitúa en el contacto con las margas del Valle de S'Arracó. En esta zona sobre las calizas del Cretácico superior descansan discordantes los conglomerados basales del Oligoceno.

En la zona desde Cala Banet al Puerto de Andratx un pliegue muy tumbado hace aparecer alternativamente las capas normales e invertidas. El núcleo anticlinal de este pliegue, formado por Triás arcilloso, se sitúa a todo lo largo del valle tectónico que discurre desde Andratx.

Como es sabido, la Sierra Norte de Mallorca está formada por tres escamas superpuestas cabalgadas unas sobre otras. Según nuestras apreciaciones la presencia del Cretácico superior correspondería únicamente a la escama intermedia, que es la que tiene una mayor extensión, con lo que se introduce un único factor a tener en cuenta al tratar de interpretar la estructura. En efecto, en una zona cercana a Andratx, que no aparece ya en la cartografía de detalle, la presencia del Cretácico superior hace asimilar a la segunda

serie tectónica los picos del Garrafa-Grúa formados por calizas del Lías y que hasta ahora habrían sido considerados como una escama de la tercera serie (si bien hay que consignar que ya Fallot (1922) apuntaba serias dudas al respecto). Posteriores y más minuciosas observaciones nos llevan a pensar en una alineación anticlinal.

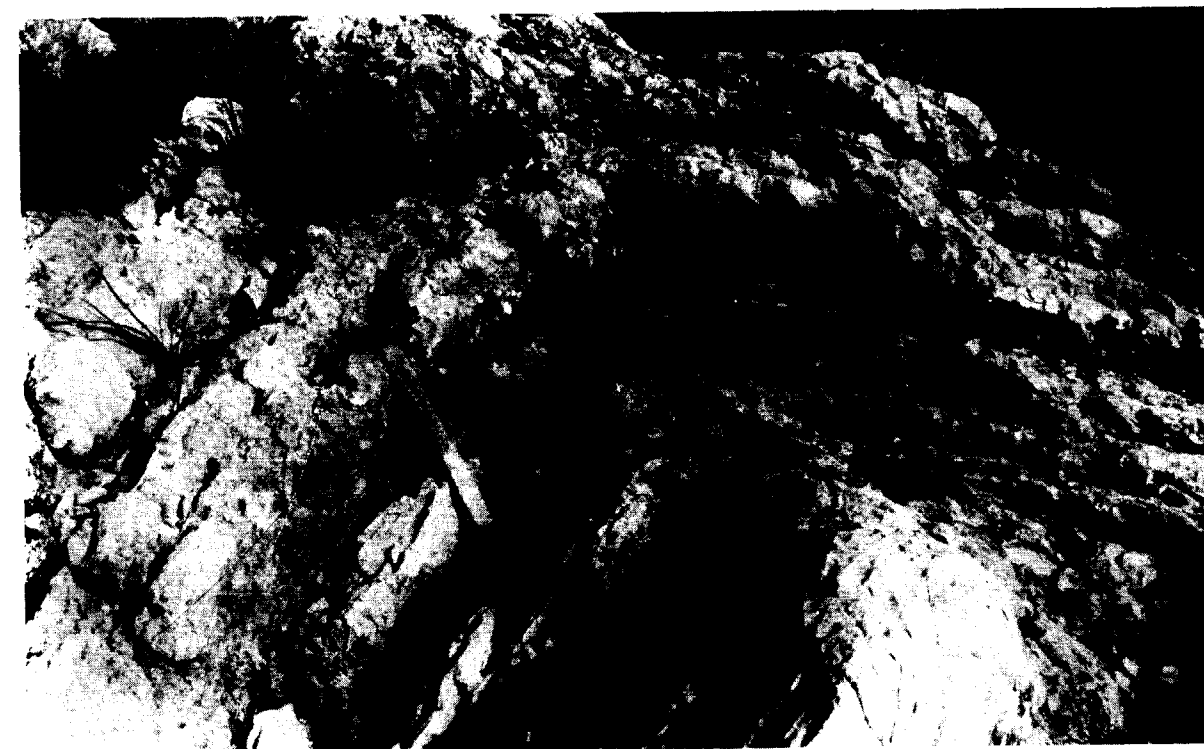
CONCLUSIONES

Aparte del establecimiento de una cartografía más correcta y de una disposición estructural más sencilla del borde SW de la Sierra de Mallorca, el estudio de las microfaunas nos ha permitido comprobar definitivamente la presencia del Cretácico superior en la isla de Mallorca, con niveles que llegan sin duda desde el Turonense al Campaniense, siendo probable la presencia del Maestrichtense inferior.

Paleogeográficamente, pues, se puede concluir en que buena parte de las Baleares estaban bajo el mar por lo menos hasta el Campaniense, quedando más reducido el tiempo de la erosión anteo-oligocena.



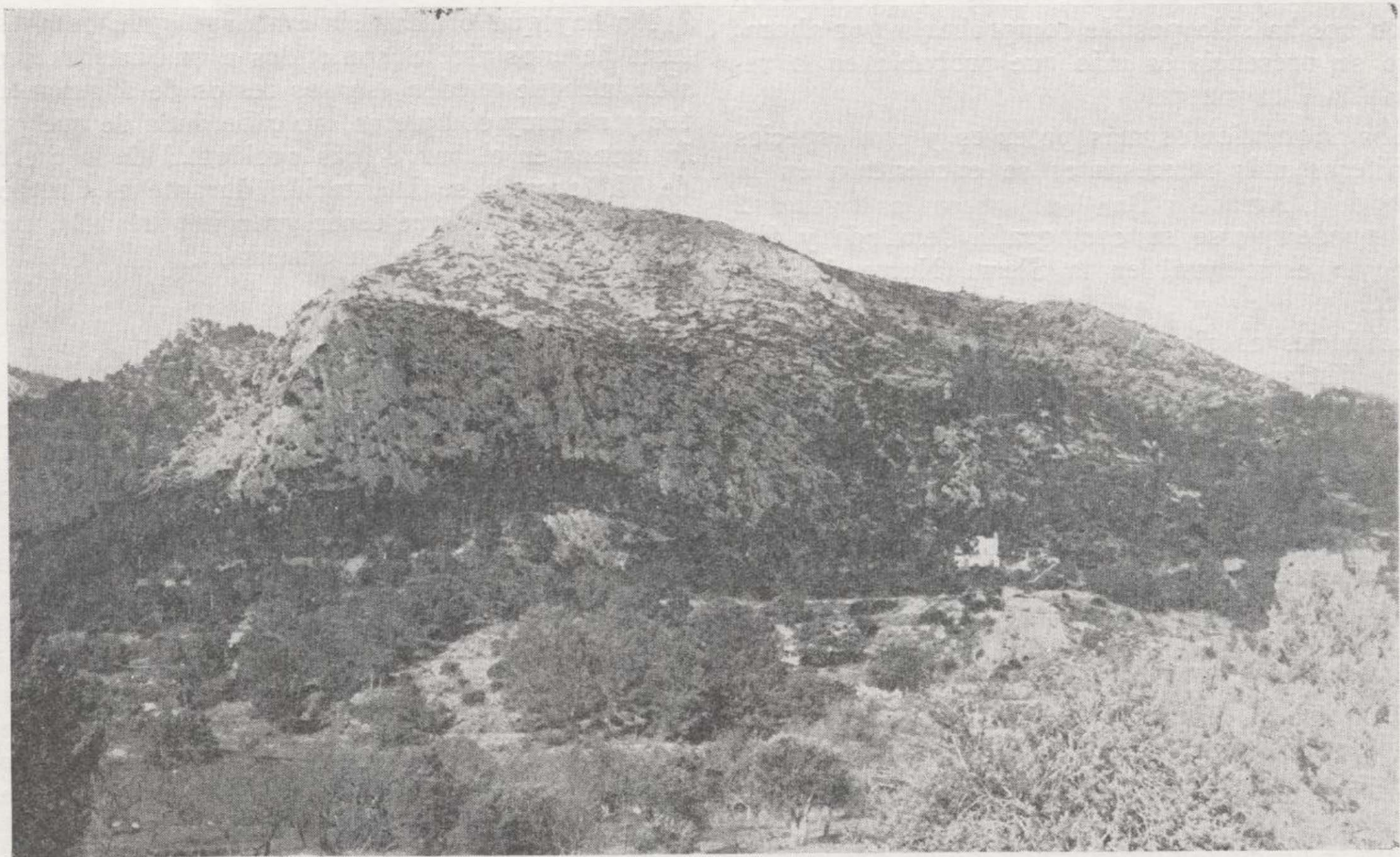
Fot. 1.—Vista del Puig Basset. Calizas del Cretáceo superior.



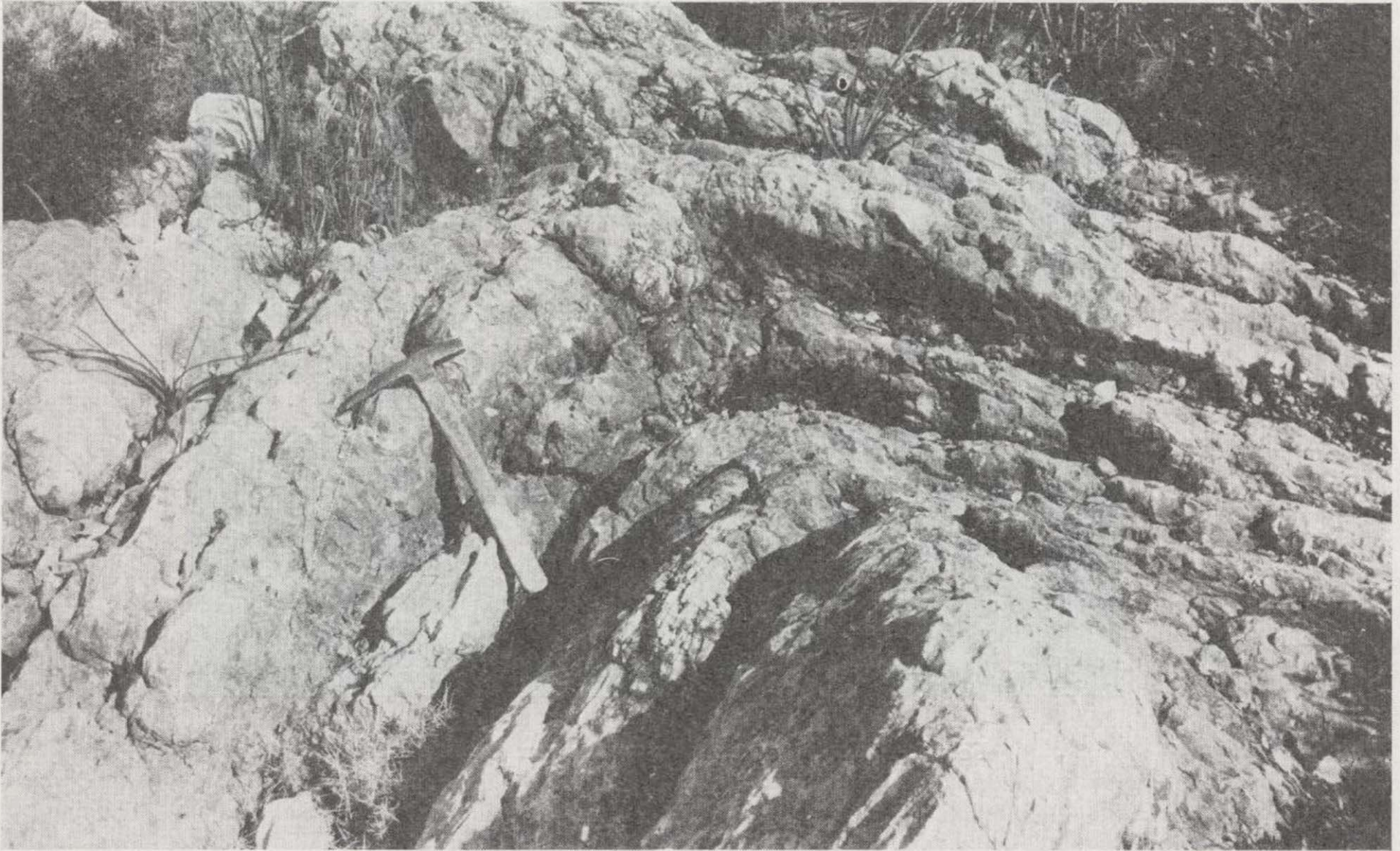
Fot. 2.—Puig Basset. Detalle de las calizas del Cretáceo superior con finas intercalaciones de margas blancas.



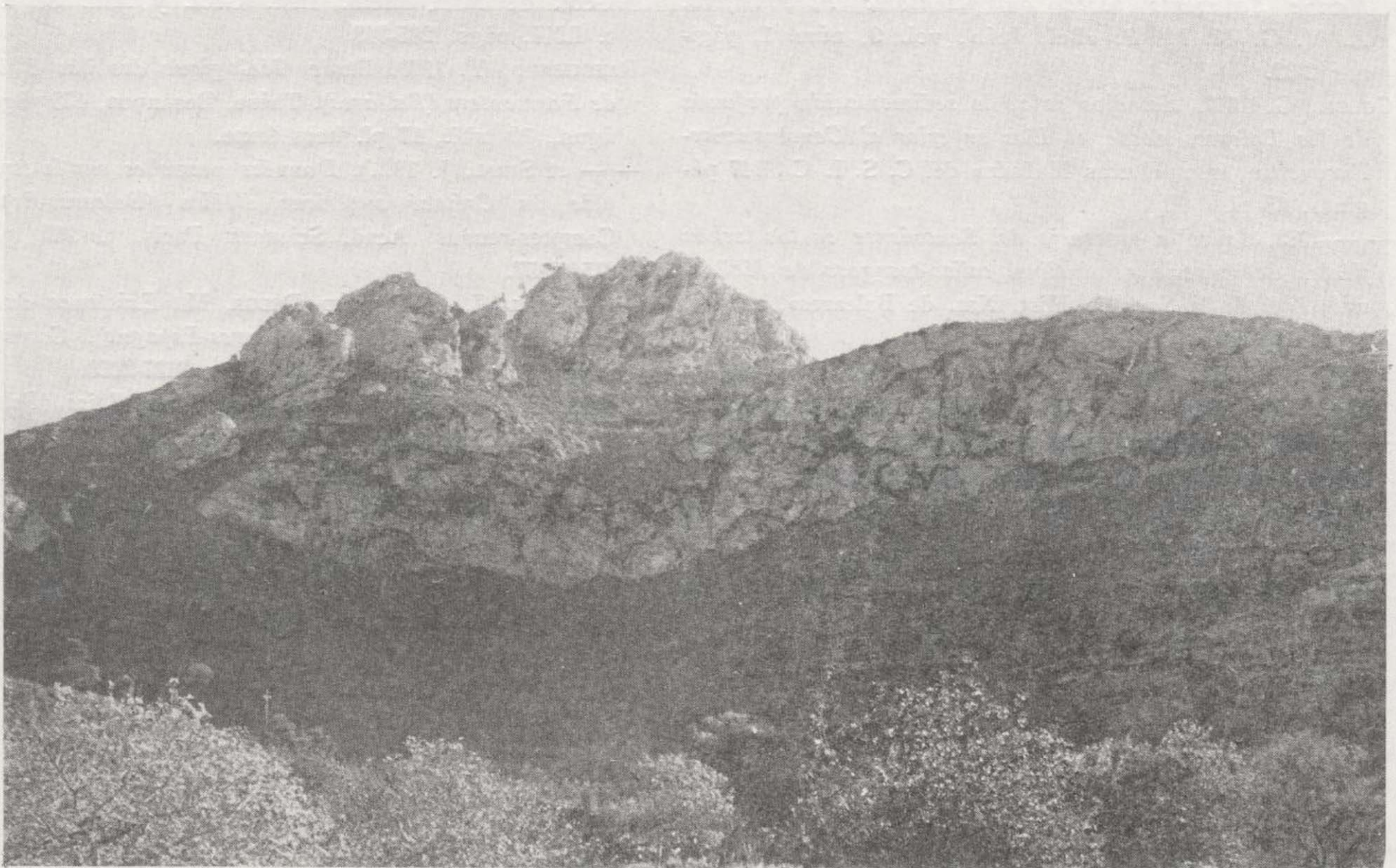
Fot. 3.—Calizas con Globotruncanas. Panorámica desde la carretera de S'Arracó a San Telmo.



Fot. 1.—Vista del Puig Basset. Calizas del Cretáceo superior.



Fot. 2.—Puig Basset. Detalle de las calizas del Cretáceo superior con finas intercalaciones de margas blancas.



Fot. 3.—Calizas con Globotruncanas. Panorámica desde la carretera de S'Arracó a San Telmo.



Fot. 4.—Microfotografía de calizas con Globotruncanas.

BIBLIOGRAFÍA

- BOLLI, HANS M. 1966. *Zonation of Cretaceous to Pliocene Marine Sediments based on planktonic Foraminifera*. A. V. G. M. M. P. «Bol. Inf.», vol. 9, núm. 1, páginas 2-32.
- COLOM, G. 1947. *Estudios sobre la sedimentación profunda de las Baleares desde el Lías superior al Cenomanense-Turonense*. Inst. «Lucas Mallada» del C. S. I. C., 147 páginas, 28 pl.
- — 1972. *Sobre la presencia del Senoniense en los lechos finales de la serie geosinclinal calizo-margosa de Mallorca*. «Bol. de la Soc. de Hist. Nat. de Baleares», t. XV, págs. 135-159.
- FALLOT, P. 1922. *Étude géologique de la Sierra de Majorque*. Thèse, Paris et Liège, 481 págs., 214 figs., 18 pl.
- — 1943. *El sistema cretácico en las cordilleras Béticas*. Inst. «Lucas Mallada» del C. S. I. C., 119 págs., 24 figuras, 2 tabl.

- HAANSTRA, U. 1935. *Geologie von Ost-Ibiza (Balearen)*. Thèse. Utrecht, págs. 1-62, 2 figs., 2 pl.
- OLIVEROS, J. M., ESCANDELL, B. y COLOM, G. 1960. *El Burdigaliense superior salobre-lacustre en Mallorca*. Temas Geol. de Mall. Mem. Inst. Geol. y Min. de España, t. LXI, págs. 205-348.
- RANGHEARD, Y. 1969. *Étude Géologique des îles d'Ibiza et de Formentera (Baéares)*. Thèse, Besançon, 478 págs., 111 figs., 10 tabl., 17 pl. hors texte.
- — et SIGAL, J. 19...). *Données nouvelles sur la stratigraphie du Crétacé supérieur d'Ibiza (Baéares-Espagne)*. Comptes-rendus. Acad. Sciences, Paris, t. 260, páginas 6154-6157.
- — SIGAL, J. et DURAND DELGA, M. *Existence du Senonien dans l'île d'Ibiza (Baéares-Espagne)*. Compt-rend. Acad. Scienc. Paris, t. 255, págs. 2137-2139.
- SPIKER, E. N. 1935. *Geologie Von West, Ibiza (Baéares)*. Thèse. Utrecht, págs. 1-66, 5 figs., 2 pl.

Recibido: 10-VII-1972.

Sondeos de mar profundo en el Atlántico meridional⁽¹⁾

por A. E. MAXWELL (2), R. P. VON HERZEN (3), K. J. SHÜ (4), J. E. ANDREWS (5),
T. SAITO (6), S. E. PERCIVAL JR, (7), E. D. MILOW (8) y R. E. BOYCE (9)

RESUMEN

Una serie de nueve sondeos, perforados en perfil a través de la dorsal del Atlántico medio, en el Atlántico Sur, ha suministrado muestras a partir de las cuales se pueden reconstruir su historia sedimentaria desde los tiempos actuales hasta el Cretáceo bajo. Estudios paleontológicos de las edades de los sedimentos situados inmediatamente por encima del basamento basáltico indican que el piso marino se ha extendido, por lo general, de manera uniforme durante ese período, a una velocidad promedio de 2 cm. por año. Se identificaron nueve formaciones sedimentarias distintas a partir de sus características físicas y litológicas. Mediante admisión de la hipótesis de disolución de carbonato de calcio durante la deposición, pudieron interpretar los autores la distribución de tales formaciones, con indicaciones de cambios de orden mayor en la elevación de la D. A. M. Variaciones de elevación que pueden ser asociadas con cambios de corto plazo en la velocidad de extensión del fondo marino.

Por ejemplo, la altura de la dorsal quedó deprimida durante el Mioceno medio, durante una época en que el fondo marino puede haberse desplazado más lentamente, comparado con períodos más tempranos o más tardíos.

La velocidad general, o conjunta, de la extensión del fondo marino, tal como se determina por la información suministrada por las perforaciones, ha resultado ser casi idéntica con la que arroja el estudio de las anomalías magnéticas. Esta concordancia suministra un apoyo importante a la hipótesis de extensión de los fondos marinos, así como al concepto de las características magnético-estratigráficas. La extrapolación de la velocidad de extensión, a los zócalos continentales del Atlántico Sur, sugiere que la formación del Océano en este área, quedó instaurada durante el Cretáceo bajo.

Durante largos años han abrigado los oceanógrafos el sueño de recuperar cortes completos de sedimentos en los pisos oceánicos, con objeto de comprender de manera más adecuada la historia

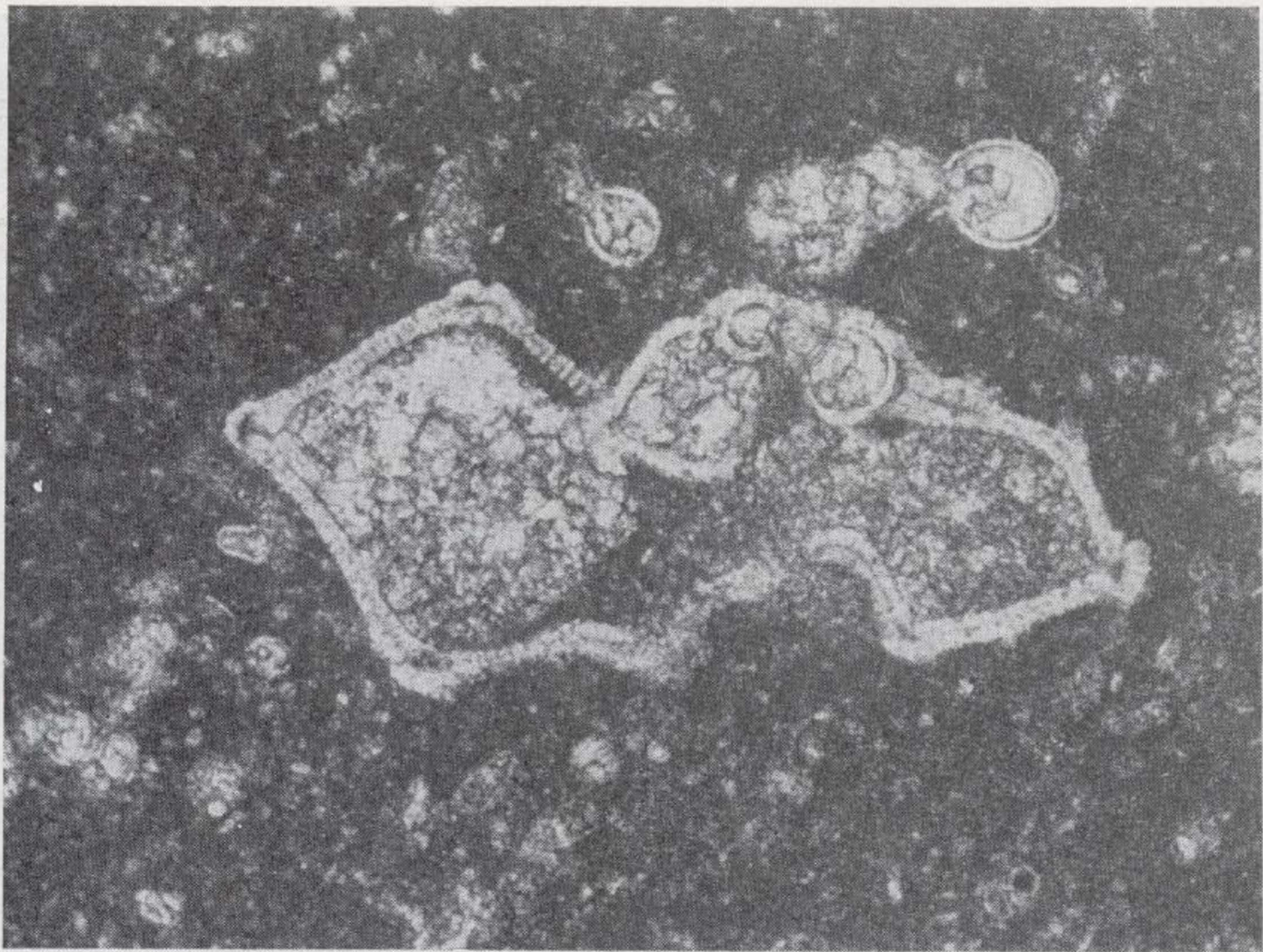
de la Tierra. El épico crucero, de dieciocho meses de duración, de *Glomar Challenger*, bajo los auspicios de la «Acción conjunta de Institutos Oceanográficos para el desmuestre profundo de la Tierra» [(Joint Oceanographic Institution for Deep Earth Sampling (Joides)] ha convertido tal sueño en realidad. Los resultados de la primera serie de travesías indican que los sedimentos hasta ahora recuperados constituyen una aportación de gran valor científico. La número tres, que cubrió el Atlántico meridional entre Dakar (Senegal) y Río de Janeiro (Brasil), ha resultado de especial provecho, porque suministra pruebas que apoyan dos hipótesis relativas a la actual geología global: extensión de los fondos marinos y derivas continentales.

Primer objetivo de la travesía número tres fue investigar la realidad de la extensión de pisos marinos, mediante una serie de testigos largos, obtenidos a través de la dorsal del Atlántico Medio.

(1) Traducción española por J. M.ª Ríos del original en lengua inglesa titulado «Deep Sea Drilling in the South Atlantic», publicado en la revista «Science», de la American Association for the Advancement of Science, en el número 3.935, vol. 168, de 29 de mayo de 1970, págs. 1047-1059. Se publica esta traducción mediante la amable autorización de los autores y del editor de la revista «Science».

• American Association for the Advancement of Science.

(2) Woods Hole Oceanographic Institution. (3) Idem id. (4) Swiss Federal Institute of Technology. (5) University of Hawaii. (6) Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University. (7) Princeton University. (8) Scripps Institution of Oceanography, University of California. (9) Idem idem.



Fot. 4.—Microfotografía de calizas con Globotruncanas.

La figura 1 muestra las ubicaciones de siete localidades sobre los flancos de la dorsal y de dos en el umbral de Río Grande. No se incluye la descripción de la localidad 13, en el umbral de Sierra Leona, pero ha sido descrito en otra publicación (1).

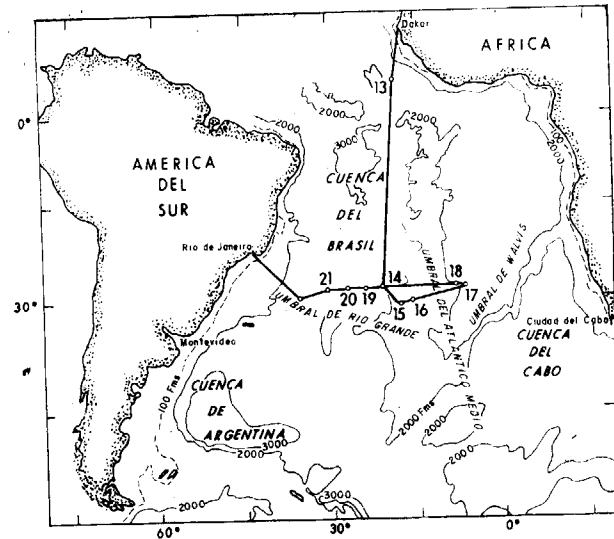


Fig. 1.—Localización geográfica de las localidades de perforación de la travesía 3 y topografía general del Atlántico Sur. Los números de las localidades expresan el orden en que fueron llevadas a cabo las perforaciones.

Cada ubicación, en esta serie de siete perforaciones, quedaba localizada dentro del esquema de anomalías magnéticas, bastante bien definidas, que se encuentran próximas a los 30° S. (2). Puesto que la edad de las rocas del basamento, en este área, ha sido predicha a partir de la serie lineal de anomalías magnéticas, admitiendo como cierta la hipótesis de velocidad constante de extensión de los fondos marinos (3), las edades que suministrasen los estudios paleontológicos o las técnicas de datación por potasio-argón, para las muestras de sedimentos o de rocas obtenidas en esos sitios, tendrían un valor probatorio, tanto del concepto de estratigrafía magnética, como de la hipótesis de extensión de fondos marinos.

Desde el *Glomar Challenger*, navío especializado en la perforación de fondos marinos, fueron recuperadas muestras de sedimentos, usando para ello los equipos que son habituales para la perforación de sondeos de petróleo, y las técnicas, también habituales, de obtención de testigos. El navío es capaz de perforar espesores de sedimentos alrededor de 1 Km., en profundidades de aguas superiores a los 5 Kms. Todas las operaciones del navío fueron llevadas a cabo por «Glo-

bal Marine Inc.», por subcontrato con la Scripps Institution of Oceanography, que dirige el Deep Sea Drilling Project, como organismo operador para Joides.

DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS LOCALIDADES

De las nueve localidades perforadas en el Atlántico Sur, más de una ubicación fue perforada con obtención de testigos en varios puntos diferentes (dos en cada una de las ubicaciones 13 y 21, tres en la 17 y cuatro en la 20). La tabla I resume los parámetros físicos que, en cada localidad, tienen algún interés para los fines de este trabajo. La mayor parte de las ubicaciones han sido correlacionadas mediante un sistema de numeración, previamente establecido, para mayor facilidad de interpretación de las anomalías magnéticas que afectan a la hipótesis de extensión de los fondos marinos (3, 4). Varias ubicaciones fueron determinadas y examinadas, antes de su perforación, por el navío *Vema*, del Lamont Doherty Geological Observatory.

PALEONTOLOGÍA

La mayor parte de los sedimentos de los que se obtuvieron testigos contenían abundantes microfósiles calcáreos, el nannoplancton calcáreo, así como foraminíferos planctónicos. Microfósiles silíceos, tales como radiolarios y diatomeas, fueron encontrados también, en forma esporádica, en las localidades 17, 18 y 22. Las edades que se atribuyen a los sedimentos se apoyan, sobre todo, en los microfósiles calizos.

Ha resultado posible obtener una serie estratigráfica compuesta casi continua; se extiende por edades comprendidas desde el Campanense hasta el Pleistoceno superior. La figura 2 muestra el intervalo estratigráfico recuperado en cada localidad. Dentro de este intervalo de tiempos geológicos ha habido obtención de testigos continuos de numerosos tramos de contactos de pisos, incluidos los del Plioceno-Pleistoceno, Mioceno-Plioceno, Oligoceno-Mioceno, Eoceno-Oligoceno y Paleoceno-Eoceno. Han sido obtenidos en testigos muchos límites entre tramos del Cretáceo y varios entre ellos repetidamente en las diferentes ubicaciones; el contacto Cretáceo-Terciario ha sido registrado, en testigos, en las perforaciones 20 C y 21 A.

Las faunas de foraminíferos planctónicos y las floras del Cretáceo a Cenozoico bajo y medio son diversas, y tienen un gran parecido con respecto a las que se conocen en las regiones tropicales del globo. Sin embargo, desde el Mioceno

TABLA I

Características físicas de las localidades perforadas en el Atlántico Sur. La numeración de las anomalías magnéticas marinas (columna 6) sigue la del sistema previamente establecido (3, 4). Las localidades 21 y 22 del umbral de Río Grande no han sido correlacionadas dentro de la numeración del esquema de anomalías magnéticas. El tiempo de reflexión acústica a que se refieren las columnas 7 y 8 es el de viaje de ida y vuelta por debajo del fondo, obtenido con cañón de aire de diez pulgadas cúbicas, que forma parte del equipo de obtención de perfiles sísmicos

Local. n.º	Lat. (S)	Long. (O)	Prof. de Agua (m)	Máx. Penetr. bajo el fondo (m)	Anom. magnet. (No.)	Tiempo de reflex. acúst. (seg)	OBSERVACIONES
14	28° 20'	20° 56'	4333	107	Negativa	0.13	Flanco superior de una pequeña colina en topografía de 40-200 m. de amplitud; tiempo de reflexión acústica, 0 a 0.15 seg.
15	30° 53'	17° 59'	3927	142	6	0.15	Topografía, espesor de sedimentos y anomalías magnéticas, lineadas de N.-S.; amplitud topográfica de 40-200 m.; tiempo de reflexión acústica, 0.10-0.15 seg.
16	30° 20'	15° 43'	3527	192	5	0.15	Flanco oriental de una altitud topográfica de 1 Km. de alt., 10 Km. de ancho, lineada de N.-S. tiempo de reflexión acústica 0 a 0.30 seg. Ubicación en colina de 50 m. de altura.
17	28° 03'	6° 36'	4360	127	O. de 13	0.18	Topografía, espesor de sedimentos y anomalías magnéticas, en distribución lineal de N. a S.; colinas con amplitudes locales de 10-200 m. Ubicación en la base de una colina.
18	27° 59'	8° 01'	4018	178	Entre 6 y 13	0.16-0.32	Columnas con amplitudes locales de 20-80 m.; depresión de 4.800 m. de profundidad, 50-60 kilómetros de anchura, de dirección E.-O., a unos 100 Km. al E. de la localidad.
19	28° 32'	23° 41'	4677	145	21		En el flanco oriental de un umbral arrumbado de N.-S., con 400 m. de altura; topografía localmente irregular con reflexiones difusas de fondos (12 kilohertz).
20	28° 31'	26° 51'	4506	72	30	0.15 (?)	Flanco oriental de un valle de 10 Km. de ancho y 4.850 m. de profundidad. Ubicación en pendiente a 600 m. por encima del piso del valle, con espesor uniforme de sedimentos.
21	28° 35'	30° 36'	2113	131		0.20-0.25	Flanco nordeste del umbral de Río Grande. Nivel reflector acústico intenso a 0.1 seg., probablemente una capa de creta del Eoceno medio.
22	30° 01'	35° 15'	2134	242		0.52	Pequeñas colinas (20-40 m. de amplitud); reflector acústico intermedio a 0.31-0.52 seg.; un reflector más alto es, probablemente, una hilada de creta de <i>Braarudosphaera</i> (ver fig. 5).

superior al Pleistoceno superior, dominan las faunas de foraminíferos planctónicos de tipo templado en las costas de las localidades más meridionales (ubicaciones 15 y 16).

Estas comunidades son notablemente diferentes de las tropicales, tan diversas, por el hecho de estar representadas por pocas especies. Como consecuencia de la falta de muchas especies tro-

picales diagnósticas, usualmente utilizadas para la determinación de edades, fue difícil la de estas comunidades. El nannoplancton calcáreo del mismo intervalo resulta al parecer, sin embargo, más euritópico, y muy semejante al que se ha dado a conocer procedente de las áreas tropicales.

Entre los hallazgos más importantes tenemos la presencia de varias hiladas de creta de *Braadu-*

rosphaera, que se presenta más frecuentemente en el Oligoceno superior más alto, pero a veces también en el Oligoceno inferior. La creta se compone, casi exclusivamente, de *Braaduro-sphaera rosa*, Levin y Joeger, como ejemplares

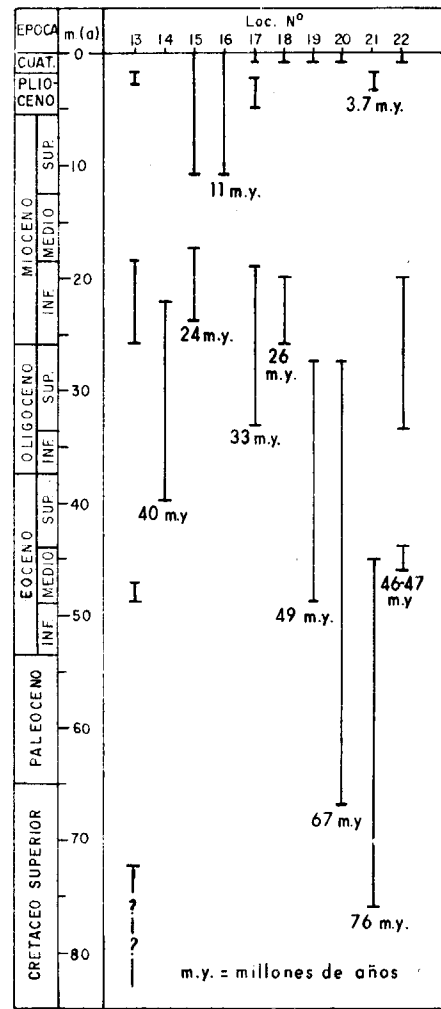


Fig. 2.—Intervalos estratigráficos obtenidos en cada localidad y figurados para mostrar que se ha cubierto casi por completo, con muestras, desde el Cretáceo alto hasta fines del Pleistoceno. Sólo dejaron de recuperarse microfósiles del Mioceno medio. (m. y. = millones de años)

completos anegados por fragmentos, y con algunas pocas especies de otro nannoplancton calizo. En el Oligoceno superior tales cretas se presentan, en general, próximas al contacto de las zonas de *Globorotalia opima opima* y de *Gobligerina amplia apertura*, de foraminíferos planctónicos, según Bolli (5); y en el Oligoceno bajo en el intervalo equivalente al de *Globigerina seehi-Pseu-*

do-ashtigerina barbadiensis, de la zona de Blow de foraminíferos (6). Aunque los estudios de la moderna *Braaduro-sphaera bigelovi* sugieren que abunda en sedimentos originados a profundidades muy someras (10 m. aproximadamente), todo el acompañamiento de fauna y flora asociadas con la *Braaduro-sphaera* del Oligoceno indican profundidades abisales. Tal tipo de creta encuentra amplia distribución en el Atlántico Sur; está presente en las localidades 14, 17, 19, 20 y 22. Tenemos dos hipótesis que pueden explicar su origen. O bien reinaban circunstancias oceanográficas de excepción, prevalentes en esta región durante breves períodos de tiempo, pero lo suficientemente largos para que prosperase la *Bradorosphaera rosa*, o bien que estos depósitos de aguas someras fueran transportados por corrientes hasta zonas profundas. Una analogía moderna de tal «verdecimiento» lo constituiría el de determinados dinoflagelados, causantes de la «marea roja». Mientras que el margen de la así denominada «marea roja» es de corta duración (varias semanas), esta proliferación de nannoplancton oligoceno podría haber durado varios cientos o miles de años, hasta llegar a producir la creta.

Salvo excepciones menores, los estudios paleontológicos mostraron que en cada localidad la edad del sedimento incrementaba con la profundidad, lo que implica circunstancias de sedimentación relativamente tranquilas. Uno de los resultados más útiles de esta investigación es el de la comparación de las edades paleontológicas de los sedimentos que reposan directamente sobre el basamento basáltico en las localidades de la dorsal del Atlántico medio (localidades 14 a 20), con respecto a las hipótesis de extensión de los fondos marinos (7), y al concepto de magnetismo estratigráfico (3). Utilizando la tabla de Berggren (8) para correlaciones estratigráficas, se determinaron las edades radiométricas de los sedimentos inmediatamente superpuestos al basamento basáltico. En la tabla 2 se presenta la correlación entre zonas planctónicas y edades radiométricas equivalentes de los sedimentos basales recuperados. Las implicaciones que estos resultados tienen respecto al concepto de la extensión de fondos marinos se discuten con superior detalle en otro apartado de esta publicación.

NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA Y MÉTODO UTILIZADO

Con objeto de poder informar de manera eficaz acerca de las largas y repetitivas descripciones de los testigos, aquellas unidades litológicas submarinas que pueden ser seguidas de una a

TABLA 2

Correlación entre zonas de foraminíferos planctónicos y de nannoplancton calizo de sedimentos basales de la dorsal del Atlántico medio cuyas edades radiométricas son equivalentes (m. a., millones de años). Los números de referencia figuran entre paréntesis

Local. n.º	Zona de Foram. planctónicos	Zona de nannoplancton calizo	Edad radiométrica equivalente (m. a.)*
14	<i>Cribohantkenina inflata</i> (6)	<i>Helicopontosphaera reticulata</i> (36)	40
15	<i>Globigerinita dissimilis</i> (5)	<i>Triquetrorhabdulus carinatus</i> (36)	24
16*	<i>Globorotalia acostaensis</i> (6)	<i>Globorotalia merotumida</i> (6)	11
17	<i>Globigerina ampliapertura</i> (16)	<i>Sphenolithus predistentus</i> (36)	33
18	<i>Globorotalia kugleri</i> (5)	<i>Sphenolithus ciperoensis</i> (36)	26
19	<i>Hantkenina aragonensis</i> (5)	<i>Chiphragmolithus quadratus</i> (37)	49
20	<i>Abathomphalus mayaroensis</i> (5)	.	67

(*) Los sedimentos más bajos recuperados lo fueron a 13,4 m. por encima del basalto.

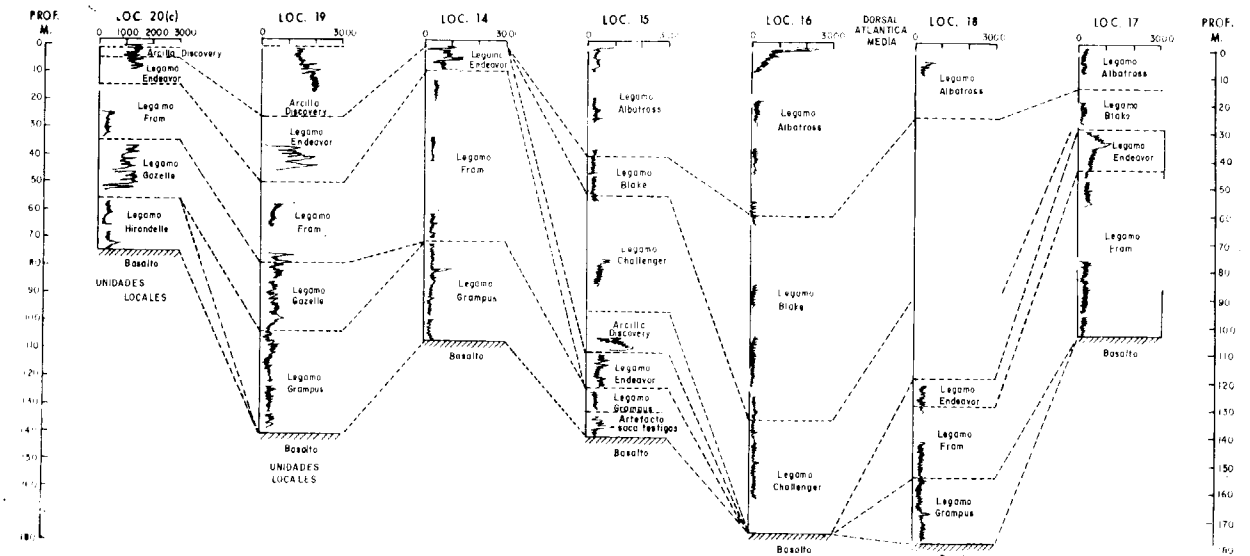


Fig. 3.—Registros de radiación gamma natural referidos a profundidades. La ordenación de localidades se hace con respecto a sus distancias al eje de la dorsal atlántica. Las unidades expresadas en impulsos contados en 7.62 centímetros de testigo durante 1,25 minutos.

otra localidad de sondeo han sido designadas como formaciones subsuperficiales. En el dominio de la dorsal del Atlántico medio (9) ha sido reconocida una serie de nueve formaciones, desde el Cretáceo superior al Holoceno. Para evitar la designación de las formaciones submarinas subsuperficiales con nombres geográficos, que son relativamente escasos en la parte central del Atlántico

Sur, hemos preferido usar nombres de navíos destacados en la historia de las exploraciones. De este modo se utilizan nombres que ya son familiares y tienen la ventaja supletoria de que las formaciones de cualquier región podrían ser designadas en orden alfabético, por ejemplo de la más moderna a la más antigua, con método mnemotécnico flexible.

LITOLOGÍA DE LA DORSAL DE ATLÁNTICO MEDIO

Los sedimentos del dominio de la dorsal del Atlántico medio son, casi exclusivamente, pelágicos. No se han encontrado depósitos de corrientes turbias o escombros de deslizamientos masivos, con la excepción de un bloque de corrimiento cretáceo dentro del Paleoceno de la localidad 20. No obstante, los cambios litológicos, en función de dependencia con respecto al espacio y al tiempo, nos han permitido identificar nueve formaciones. En orden de profundidades incrementantes son: légamos de Albatross, Blake, Challenger, Discovery, Endeavor, Fram, Gazelle, Grampus y Hirondele. La diferenciación de las formaciones se ha afianzado, sobre todo, en los cambios litológicos experimentados en función del tiempo. Al principio los únicos criterios seleccionados fueron: i) variaciones en el contenido de foraminíferos, y ii) diferencias en el contenido no carbonático (con sus correspondientes cambios de color), tal como pudieron ser determinados por los exámenes, visual y sobre lámina áspera, a bordo, suplementados después por análisis de tamaño de grano y carbonato cálcico, llevados a cabo en la base de la costa. Más tarde se introdujo un tercer criterio, el de la presencia de légamos carmines, para establecer la Hirondele como formación. En la tabla 3 se resumen las propiedades de las nueve formaciones mediante uso de esos criterios.

La identificación de las formaciones geológicas puede resultar apoyada por las medidas de la radiación gamma natural y, en menor medida, por propiedades físicas de la masa de sedimentos, tales como densidad colectiva en húmedo, porosidad, velocidad del sonido en el sedimento y conductividad térmica. Puesto que la radiación gamma natural es, probablemente, la propiedad física menos alterada de entre las que fueron medidas en los testigos, parece razonable admitir que sea la que proporcione identificación de máxima confianza.

En el aparato de medida de que se disponía a bordo, la radiación gamma natural acusaba la presencia de minerales de arcilla, zeolitas, fosfatos y, posiblemente, hematita, dolomita y algunos minerales opacos. Algunas rúbricas netas de radiación gamma natural de las formaciones litológicas se muestran en la página ?? y se relacionan en la tabla 3.

Tabla 3

Resumen de las características diagnósticas empleadas en la identificación de las formaciones sedimentarias de la dorsal del Atlántico medio

FORMACION	Foramin. (% aprox.)	Material terrígeno (% (aprox.))	Radiación nat. gamma ⁺	OBSERVACIONES
Albatross	> 10	< 10	0 > 2000	La cuenta de radiación gamma natural disminuyó con la profundidad.
Blake	< 10	< 10	100-300	
Challenger	< 10	10-20	200-400	Color más oscuro que Albatross o Blake.
Discovery	0	55-100	1100-1700	Arcilla roja.
Endeavor	1-8	20-60	250-1600	
Fram	1-3	20-30	250-500	
Gazelle	< 3	40-60	500-1200	
Grampus	10-15	40-60	200-400	Color más oscuro hacia la base de la formación.
Hirondele	< 10	~ 30	400	Componente de color carmín.

(*) Las unidades son cuentas por cada 1,25 minutos, examinando un segmento de testigo de 7,62 cm.

Construimos un corte estratigráfico compuesto de las formaciones mencionadas y se muestra, junto con su extensión en el tiempo, en la figura 4. El corte tipo, para cada formación de las que figuran en el corte compuesto (fig 4), ha sido escogido en atención a las siguientes consideraciones: i) preferentemente, cuando los contactos superior e inferior de la unidad estaban incluidos en los intervalos de los que se obtuvo testigo, y ii) si la litología del corte tipo se consideraba como suficientemente representativa de la formación. En general el corte tipo es el de

desarrollo más completo (más grueso), pero no necesariamente.

LITOLOGÍA DEL UMBRAL DE RÍO GRANDE

Las localidades 21 y 22 yacen en el umbral de Río Grande, a profundidades de agua de unos dos kilómetros. Un corte estratigráfico compuesto de ambas localidades es como sigue: i) légamos de creta blanca, con foraminíferos del Pleistoceno y

del Plioceno; ii) légamos de creta de nanofósiles pardos muy pálidos y carmines, del Mioceno inferior al Maestrichtense, en parte recrystalizados; iii) légamos de creta con nanofósiles del Maestrichtense y del Campanense, o más viejos, cementados por calcita espática. Es de notar la presencia de una discordancia de orden mayor dentro del Cenomanense. Los sedimentos del Oligoceno y del Mioceno faltan en la localidad 21, y los del Plioceno yacen directamente sobre el Mioceno inferior en la 22. Los sedimen-

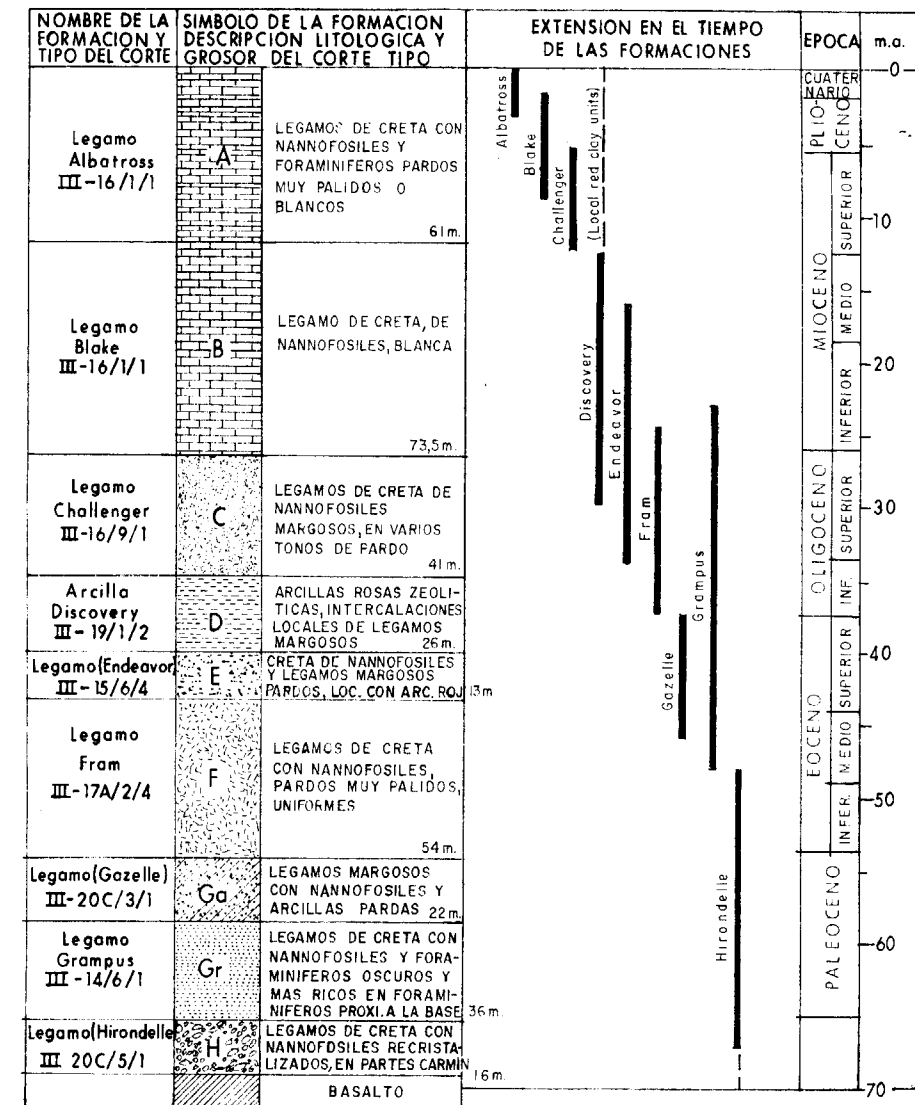


Fig. 4.- Corte estratigráfico de las formaciones de la dorsal atlántica media, que expresa su tipo, espesor relativo y alcance estratigráfico de cada una de ellas. El número identifica el testigo y ubicación en la que por primera vez se encontró la unidad litológica de referencia (m. y. = millones de años).

tos del umbral de Río Grande incluyen cantidades notables de foraminíferos en léngamos califeros de todas edades. Las arcillas rojas faltan.

RESUMEN LITOLÓGICO

La distribución de las diversas formaciones de la dorsal del Atlántico medio, en relación con el tiempo y con la profundidad, se resumen en la figura 5. También se muestran, a fines de comparación, las columnas estratigráficas de las localidades 21 y 22 del umbral de Río Grande.

4) El espesor de los sedimentos no guarda relación directa con respecto a su edad. Paradójicamente, las localidades con más jóvenes edades de basamento (Mioceno en las localidades 16 y 18) ofrecen el mayor grosor de sedimentos, mientras que la que ofrece la edad más vieja (Cretáceo superior en la localidad 20) presenta la serie sedimentaria más delgada (72 m.). Es posible que este esquema se justifique por variabilidades locales en el grosor de los sedimentos, así como por la elección de ubicaciones no dependientes del azar.

5) La naturaleza de la formación más alta

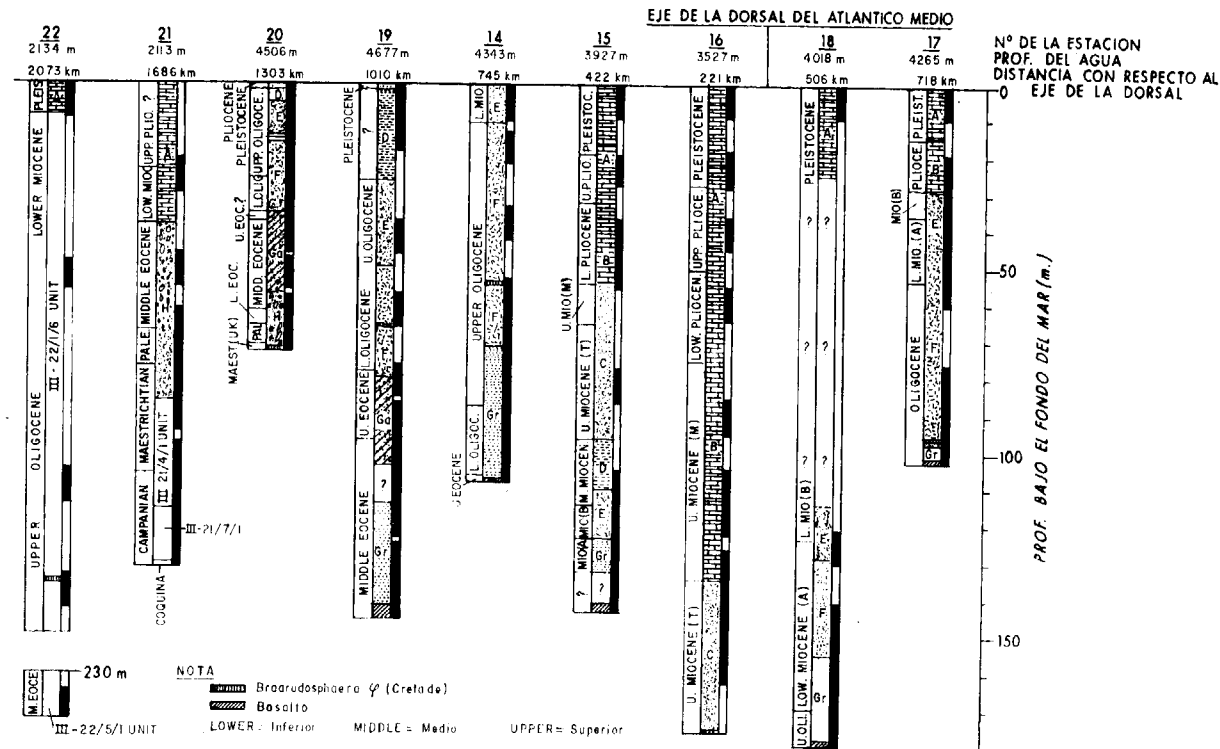


Fig. 5.—Resumen de formaciones, edades y testigos obtenidos en las localidades de la D. A. M. y del umbral de Río Grande. Se han añadido los datos de profundidad de agua y distancias a los ejes de los alzamientos, aunque no se han mostrado a escala en los registros.

De la figura 5 se deducen varias conclusiones obvias:

1) El basamento basáltico ha sido alcanzado en todos los siete puntos de perforación de la dorsal del Atlántico medio.

2) La edad de los sedimentos por encima del basalto está en relación directa con respecto a la distancia al eje del umbral: los sedimentos más viejos se encontraron más alejados del eje.

3) En cada localidad la edad de los sedimentos incrementa con la profundidad por debajo del fondo del mar.

está en relación de dependencia con la distancia con respecto al eje del umbral o dorsal, y también con la profundidad que ofrecen actualmente las localidades de perforación. El léngamo de Albatross se encuentra en las localidades 15, 16, 17 y 18 a distancias comprendidas entre 221 y 718 kilómetros del eje del umbral, y a profundidades comprendidas entre los 3.527 y los 4.625 m. El del Endeavor, en la localidad 14, a 740 Km. del umbral y a profundidad de 4.343 m. La arcilla de Discovery (cubierta por delgadas hiladas de unidades locales de litología semejante) se encuentra

en las localidades 19 y 20, a 1.010 y 1303 Km. del eje del umbral y a profundidades de 4.667 y 4.506 metros, respectivamente.

6) La naturaleza de los sedimentos bajo la formación más alta no presenta relación de dependencia de sencilla definición, al menos con respecto a la profundidad actual de la localidad de perforación, lo que es indicativo de cambios, con el tiempo, en el ambiente de deposición de cada localidad.

7) Los sedimentos en localidades a menos de 500 Km. del eje del umbral (localidades 15, 16 y 18) son principalmente neógenas, mientras que los sedimentos más alejados son principalmente paleógenos (localidades 14, 17, 19 y 20).

9) La cresta oligocena de *Braarudosphaera* constituye un nivel guía, de estrato-tiempo, muy notable, que ha sido reconocido en localidades de perforación distantes hasta 2.800 km. (localidades 17 a 22). Falta en los sitios correspondientes a la cresta de la dorsal (localidades 15-16 y 18), porque la edad del basamento basáltico no excede allí del Mioceno.

10) La estratigrafía ofrece simetría a ambos lados del eje de la dorsal, de modo que la serie sedimentaria en cualquier localidad de perforación se asemeja más a la que está en disposición aproximadamente equivalente en el flanco opuesto que cualquiera de sus vecinas inmediatas (comparar las localidades 14 y 17, 15 y 18).

TABLA 4

Porcentaje de carbonato cálcico medido en diversas formaciones para cada ubicación de la singladura 3. Las medidas fueron llevadas a cabo por A. C. Pimm, de la Scripps Institution of Oceanography (1). El número de muestras analizadas es figurado entre paréntesis. Donde no se expresan valores es que la formación no existía en esa localidad. Una interrogación señala que el valor no es conocido, que no fue objeto de desmuestra, o que lo fue incompletamente

Formación	LOCALIDAD N.º							Promedio de localidades
	16	15	18	17	14	19	20	
Albatross	90,7 (16)	76,8 (10)	? (1)	86,2 (5)				84,6
Blake	90,7 (25)	91,1 (10)	? (6)	87,6 (6)				89,9
Challenger	89,8 (17)	80,1 (6)	? (3)					85,0
Discovery		46,9 (3)	? (9)			0,0		23,5
Endeavor		80,0 (8)	76,9 (5)	76,9 (10)	57,6 (6)	42,8 (6)	37,4 (7)	62,3
Fram			83,8 (9)	84,9 (25)	76,8 (15)	74,5 (8)	72,8 (6)	78,6
Gazelle						67,9 (14)	34,1 (10)	50,1
Grampus		83,8	82,6	? (2)	? (0)	78,6 (23)		81,1
Hirondelle							74,5	74,3

8) Las formaciones, en conjunto, no son isócronas. Las bases de las más viejas que el Mioceno medio (Hirondelle, Grampus, Gazelle, Fram, Endeavor y Discovery) tienden a ser más antiguas en las ubicaciones de perforaciones que están más alejadas del eje de la dorsal. Por otra parte la tendencia se invierte si se trata de formaciones más jóvenes (Challenger, Blake y Albatross), cuyas bases son, o bien sincronas, o más jóvenes en localidades de perforación más alejadas del eje de la dorsal.

El resumen gráfico, que muestra las formaciones como unidades estratigráficas, no puede expresar las variaciones laterales dentro de cada una de ellas, pero pueden ser examinadas mediante los resúmenes estadísticos de los análisis carbono/carbonato realizados en la base de la costa. La tabla 4 reseña estos resúmenes expresados en porcentaje CaCO₃ según localidades ordenadas de acuerdo con las distancias incrementantes con respecto al eje de la dorsal, es decir, 16, 15, 18, 17, 14, 19 y 20. En esta tabla se puede obtener

la variación y encontramos que, en general, decrece con la distancia a partir del eje de la dorsal; una misma formación es menos calífera en las localidades más alejadas. Se ha medido una disminución incrementante semejante en el contenido en foraminíferos; por consiguiente, la misma formación contiene, corrientemente, menos foraminíferos en los sitios más alejados del eje de la dorsal.

VELOCIDADES DE SEDIMENTACIÓN

Las velocidades de sedimentación de las diversas formaciones varían con la litología, y se extienden entre alrededor de 1,8 centímetros por mil años, para légamos de creta de foraminíferos, hasta 0,02 centímetros por mil años para la arcilla roja, o sea una diferencia de alrededor de dos órdenes de magnitud. Para poder evaluar los cambios que resultan de la producción y disolución de plancton calcáreo, con objeto de poder obtener la velocidad de acumulación neta, se han computado ambas velocidades de deposición, para cada formación carbonática y no carbonática. Como nos muestra la tabla 5, los valores promedios para los componentes no carbonáticos todavía varían 0,07 y 0,33 cm. por cada mil años (con la excepción de Hirondele).

La variación es, probablemente, real, y seguramente refleja cambios en la aportación terrígena, aunque los errores que resultan de atribuir edades absolutas a tramos determinados paleontológicamente podría haber exagerado la diferencia. La velocidad promedio de deposición no carbonática es de 0,16 cm. por mil años, aproximadamente un décimo de la de un légamo de creta que contenga 10 por 100 de impurezas no carbonáticas (por ejemplo légamo Albatross de la localidad 26).

DISOLUCIÓN DE CARBONATO DE CAL

La síntesis de los hechos presentados hasta ahora nos ha llevado a la aceptación de la hipótesis de que la disolución durante la deposición desempeñó un papel importante, tanto en la determinación de la litología de los sedimentos sobre la dorsal, como en la de sus velocidades netas de sedimentación. Parece razonable aceptar que las arcillas rojas representen los residuos insolubles de légamos de creta, sobre todo cuando se compara la velocidad de deposición de un sedimento con su contenido en carbonato cálcico. Por otra parte, es cuestión debatible si la rareza o fal-

ta de foraminíferos, en un légamo de creta de nannofósiles pudiera ser atribuida a disolución.

Bramlette (10) ha subrayado el papel que desempeña la producción en el establecimiento de la composición del plancton calífero en un légamo pelágico. No hay duda acerca de que las velocidades de producción deben ser tenidas en cuenta. Sin embargo, tenemos diversos indicios que sugieren que los foraminíferos calizos son más fácilmente solubles en las aguas oceánicas que los nannofósiles calíferos, de modo que la cantidad de foraminíferos contenida en los sedimentos nannofósiles del Atlántico Sur podría ser atribuida, en gran medida, a disolución diferencial. Se señalan las siguientes observaciones:

1) La tendencia al paralelismo entre las variaciones de contenidos de foraminíferos y de CaCO_3 , de las formaciones en la dorsal, sugiere que toda disolución que incremente las impurezas no carbonáticas de un sedimento tiende también a disminuir su contenido en foraminíferos.

2) Los plancton calíferos presentes en légamos silíceos se componen por lo común exclusivamente de nannofósiles, con escasos o ningún foraminífero planctónico. Lo que sugiere que los últimos plancton calíferos que pasan a solución son nannofósiles no foraminíferos.

3) Las especies de foraminíferos más solubles se disuelven fácilmente en la actualidad a 3.000 metros de profundidad oceánica, notablemente por encima de la profundidad de compensación carbonática, de modo que los légamos pelágicos más profundos incluyen formas más resistentes (11 y 12). El hecho de que los únicos foraminíferos encontrados en algunos légamos nannofósiles más margosos del dominio de la dorsal sean especies resistentes a la disolución (por ejemplo *Globorotalia index* y *G. suttéri* en el légamo Gazelle, localidad 19) que la totalidad, salvo alguna traza, de la fauna de foraminíferos original, ha sido interpretado como resultante, por disolución, de tales sedimentos nannofósiles.

Aunque los argumentos mencionados puedan no quedar como definitivos, sí que parecen suficientemente indicativos como para justificar la adopción de una hipótesis de trabajo, al efecto de que las formaciones en el dominio de la Dorsal del Atlántico medio representan originalmente sedimentos calíferos que han experimentado diversos grados de disolución durante su deposición. De acuerdo con esta idea hemos postulado la actuación de cinco procesos diferentes de disolución que dan lugar a otras tantas facies, cuyas propiedades físicas, tal como aparecen ejemplarizadas por los sedimentos del Atlántico Sur, son:

a) Légamos de creta que no manifiestan tes-

timonio de solución. Los de foraminíferos del Cuaternario del Umbral de Río Grande pueden pertenecer a esta facies.

b) Légamos de creta con indicios de disolución inicial. Los que en la Dorsal contienen 10 por 100, o menos, de materia terrígena, pero más de 10 por 100 de foraminíferos, podrían pertenecer a esta facies.

c) Légamos de creta con indicios de disolución moderada, especialmente en foraminíferos. Los sedimentos de la dorsal, con 10 a 30 por 100 de materia terrígena y con menos de 10 por 100 de foraminíferos podrían pertenecer a esta facies.

d) Légamos de margas con indicios de disolución en grados considerables; solamente se conservan nannofósiles y las especies de foraminíferos más resistentes. Podrían pertenecer a esta facies los sedimentos de la dorsal con 30-70 por 100 de materia terrígena y menos de 3 por 100 de foraminíferos.

e) Arcillas rojas; todo el plancton calizo ha sido disuelto.

Con este esquema a la vista la génesis de sedimentos ha sido interpretada como sigue: (a) légamo Albatross; (b) ligera pérdida de carbonatos, légamo Blake; (c) pérdida moderada de carbonatos, pero más terrígena que Blake, légamo Challenger, arcilla Discovery; (d) pérdida considerable de carbonato en una localidad de la cima (localidad 15), pero por lo demás (e) pérdida total de carbonato; formación Endeavor, pérdida considerable (d) a moderada (c) de carbonatos; légamo Fram (c) pérdida moderada de carbonato; légamo Gazelle (d), pérdida considerable de carbonato; légamo Grampus (c), pérdida moderada de carbonato, y pérdida ligera en las localidades más próximas a la cresta; y légamo Hirondele (d), pérdida considerable de carbonato, pero sólo moderada (c) en la base de la perforación 20 C.

Interpretaciones que nos permiten deducir dos generalizaciones sencillas acerca de la historia sedimentaria de la provincia de la Dorsal del Atlántico medio.

1) Cada nivel indicador de tiempos geológicos resulta representado, hacia la cresta dorsal, por una formación más rica en carbonato y, al alejarnos de ella, por una formación más pobre.

2) La serie del Terciario experimenta un cambio cíclico, de facies ricas a facies desprovistas de carbonato, aunque la segunda mitad del ciclo se desarrollase solamente en la parte superior del flanco.

Las diferentes facies de disolución nos parecen ser expresión de las variantes profundidades de deposición en las localidades de acumulación, si se las relaciona con la profundidad de compensa-

ción carbonática. La actual, para la calcita, en el Pacífico (10, 13) es, aproximadamente, de 4.500 metros y tenemos más o menos la misma en el Atlántico Sur a 30° S, según indica la distribución allí de los sedimentos modernos de arcilla roja. Profundidad que está en relación con el incremento en la velocidad de disolución de la calcita, no con un límite del equilibrio de solubilidad (14, 15); límite que podría yacer a sólo unos cientos de metros de profundidad (11, 15 y 16). La situación del nivel de profundidad de compensación durante tiempos pasados ha sido objeto de mucha especulación. Emite pruebas de que las aguas del Océano eran más cálidas durante el Terciario y el Cretáceo que en tiempos actuales (17). Queda sin embargo, como materia discutible, si el nivel de compensación debería situarse más alto o más bajo, en estos océanos más cálidos.

Hudson (15) subrayó el efecto de la temperatura en la cinética, y postuló una profundidad más somera de compensación para los más templados mares de la creta del Cretáceo. Este punto de vista, poco ortodoxo, no tuvo en consideración el efecto que los grados de infraturación ejercen en la cinética. El hecho de que la calcita estaba siendo disuelta rápidamente en las frías aguas por debajo de los 4.500 m., pero no a un nivel más templado casi saturado, es prueba de que el apartamiento del equilibrio es el factor que ejerce el control predominante en la disolución de la calcita por las aguas oceánicas.

Son varios los autores que han postulado que la profundidad de compensación de la calcita puede haber sido considerablemente más importante durante el Terciario. Bramlette (10) sugirió una profundidad de compensación de 6.700 m. para una temperatura de 12° C de agua de fondo en el Terciario. Cifra que resulta, probablemente, excesivamente alta. Bajo la hipótesis de un piso oceánico no sujeto a descenso, encontró Heath (19) una profundidad aparente de máxima compensación a 5.200 m., correspondiente a hace unos 35 millones de años (Oligoceno). Sin embargo reconoció que tal profundidad podría reflejar hundimiento post-deposicional del piso del mar y que podría haber sido escaso el cambio en la profundidad de compensación actual.

Un factor que complica aún más la situación es el efecto de las corrientes de fondo, frías y ricas en CO_2 . Sugirió Berger (11) el término «disclino» para designar el nivel al que la velocidad de disolución experimenta un crecimiento rápido, nivel que se sitúa a unos 500 o más metros por encima de la profundidad de compensación. Citó pruebas para mostrar que tal superficie no es horizontal en el Atlántico Sur, sino inclinada, por-

que la masa de agua del fondo Atlántico es causante de pronunciada disolución abisal de CaCO₃. Como este agua, a 3° S., queda confinada a una vía situada al oeste de la dorsal del Atlántico medio en su camino hacia el norte, la lisoclina se sitúa, probablemente, varios cientos de metros más somera en el costado occidental que en el oriental de la dorsal. Además, como las diferencia de profundidad entre las sucesivas facies de disolución son probablemente del orden de algunos cientos de metros, no resultaría aconsejable apoyar la interpretación sobre base de profundidad absoluta. Sugerimos, por consiguiente, el empleo de una escala batimétrica relativa para relacionar las facies de disolución con la profundidad de compensación de la calcita (C. C. D., P. C. C.), tomando en consideración la distribución de los sedimentos holócenos a 30°. La escala es como sigue: i) No disolución: a unos 1.500 metros por encima de P. C. C.; ii) Disolución ligera: 500-1.500 m. por encima de P. C. C.; iii) Disolución moderada: 200-500 m. por encima de P. C. C. (justo debajo de la lisoclina); iv) Disolución considerable: 200 m. o menos por encima

de P. C. C., y v) Disolución completa, por debajo de P. C. C.

Los rápidos cambios de facies próximos a la superficie lisoclina expresan el hecho de que la velocidad de disolución cambia allí rápidamente.

Puesto que los cambios de facies, en el Terciario inferior de los sedimentos de la dorsal del Atlántico medio a 30° S., implican cambios en profundidad relativa, de 1.000 o más metros, no parece lícito atribuir tales cambios a fluctuaciones, en tiempos pasados, de la profundidad absoluta de compensación de la calcita. Además, incluso si aceptamos la interpretación de Heath, cualquier depresión de la profundidad de compensación actual, durante el Terciario temprano, debería tener como consecuencia una serie de facies incrementantemente ricas en carbonato, caso de que no hubiera tenido lugar descenso cortical. Se ha encontrado, en cambio, que hay una progresión de sedimentos de alto a bajo contenido carbonático. En consecuencia, interpretamos estos cambios de facies en términos de cambios de profundidad, en relación cronológica en cada localidad de deposición.

TABLE 5

Resumen de relaciones entre componentes de sedimentación totales y no carbonáticos, en diversas formaciones de cada localidad de la travesía 3. Las velocidades se dan en centímetros por cada mil años y los componentes no carbonáticos se presentan entre paréntesis. Donde no se atribuyen valores es que no existe la formación; la interrogante expresa una velocidad incierta.

FORMACION	LOCALIDAD N.º							Promedio de localidades
	16	15	18	17	14	19	20	
Albatross	1,8 (0,17)	1,2 (0,28)	?	0,5 (0,07)				1,2 (0,17)
Blake	1,2 (0,11)	0,8 (0,05)	?	0,5 (0,06)				0,8 (0,07)
Challenger... ..	1,0 (0,10)	0,8 (0,12)	?					0,8 (0,11)
Discovery		0,3 (0,16)	?			?	0,02 (0,02)	0,16 (0,09)
Endeavor		?	?	0,3 (0,07)	?	0,35 (0,20)	0,15 (0,09)	0,27 (0,12)
Fram			2 (0,4)	0,75 (0,18)	1,0 (0,4)	0,6 (0,15)	0,4 (0,11)	0,96 (0,25)
Gazelle... ..						0,3 (0,10)	0,2 (0,13)	0,25 (0,12)
Grampus... ..		?	2 (0,4)	?	0,45 (?)	1,2 (0,26)		1,2 (0,33)
Hirondelle							0,1 (0,03)	0,1 (0,03)
Promedio								0,64 (0,16)

EXTENSIÓN DE LOS FONDOS MARINOS

Como se ha hecho notar (fig. 5), la edad de los sedimentos recuperados inmediatamente por encima del basamento basáltico aumenta, en cada una de las localidades de la dorsal del Atlántico medio, con el incremento de su distancia al eje. Para que pueda ser descifrada la historia de la extensión del fondo marino a partir de esos datos, es preciso determinar la distancia, en cada localidad, desde su punto de origen en el eje de la dorsal. El procedimiento de obtención de tal distancia no es siempre muy formal, ya que el eje de la dorsal del Atlántico medio ofrece numerosos saltos y cambios de rumbo (20).

No existe levantamiento topográfico de detalle de la dorsal en el área de 30° S., aunque hay algunas pasadas de navíos a lo largo de las cuales han sido registrados datos geofísicos bajo forma de perfiles transversales. La ubicación del eje en tales pistas (fig. 6) ha sido determinada a partir de la acusada anomalía magnética asociada con aquél, o por la típica topografía crestal (21). Los datos de localización de epicentros de terremotos constituyen información adicional que ayuda a situar el transcurso del eje. Resulta posible medir, en la figura 6, la distancia desde cualquier otro punto más próximo al eje de la dorsal. Si se tomasen en consideración solamente las distancias a partir del eje, el desplazamiento próximo a 29,5° S., sugiere que las localidades 15 y 16 están asociadas con el segmento C, las 17 y 18 con el B y todas las restantes son casi equivalentes tanto de B como de C. Las distancias lineales, hasta las localidades a partir del eje de la dorsal, se resumen en la tabla 6, en la que los errores en las distancias suponen una estimación subjetiva con respecto a la incertidumbre en la situación del eje. Se obtienen otros valores para esas distancias a partir de un modelo de rotación rígida de placas corticales en una esfera. Tal modelo exige que la pista del movimiento de cualquier parte de la superficie describa un pequeño círculo alrededor de su eje de rotación. Así es que la distancia alcanzada por cualquier localidad de un piso oceánico sujeto a proceso de extensión, que gire alejándose del eje de la D. A. M., sería ligeramente diferente de la que se obtuviera por simple medida de la distancia lineal al eje más próximo. Y aún es más importante el hecho de que la ubicación original de cualquier localidad a lo largo del eje resultará diferente en ambos casos.

A partir de un acoplamiento hipotetizado de los continentes de Africa y Suramérica ha sido posible mostrar (23) que sus posiciones actuales pue-

den ser explicadas como rotación alrededor de un eje situado a 44° N, 30,6° O. Otros autores han afinado más en la localización de los ejes de rotación situados más al N., sobre la base de las orientaciones de anomalías magnéticas lineales y de las zonas de fractura, y han podido inferir velocidades diferenciales de extensión a lo largo del eje de la dorsal.

La última columna de la tabla 6 muestra las distancias comprendidas entre las localidades de perforación y el eje de la dorsal, para la hipótesis de extensión rotacional, obtenidas usando el

TABLE 6

Edades de las anomalías magnéticas, edades paleontológicas y distancias de localizaciones hasta el eje de la D. A. M. El número y edad de las anomalías magnéticas han sido tomadas de Heirtzler y otros (3). La atribución de situación de los puntos 17 y 18, dentro del característico esquema de anomalías magnéticas, es incierto. En la localidad 21 no se llegó hasta la roca de basamento. Las edades magnéticas (columna 2) se basan en las cifras de las anomalías magnéticas que figuran en la tabla (m. a.), expresadas en millones de años.

Loc n.º	Edad Magnética del basamento (m. a)	Edad paleontol. del sedimento por encima del basamento (m. a)	Distancias en Km. a partir del eje de la dorsal	
			Linear	Rotación a 62° N, 36° O.
16	9	11 ± 1	191 ± 5	221 ± 20
15	21	24 ± 1	380 ± 10	422 ± 20
18		26 ± 1	506 ± 20	506 ± 20
17	34-38	33 ± 2	543 ± 20	718 ± 20
14	38-39	40 ± 1,5	727 ± 10	745 ± 10
19	53	49 ± 1	990 ± 10	1010 ± 10
20	70-72	67 ± 1	1270 ± 20	1303 ± 10
21		> 76	1617 ± 20	1686 ± 10

eje de rotación de 62° N. 36° O. propuesto por Morgan (24). La diferencia más importante entre las distancias de localidades hasta el eje de la dorsal, se presenta para el punto 17, que para el caso de rotación está asociado con el segmento C (fig. 6) del eje de la dorsal. La localidad 18, sin embargo, permanece asociada con el segmento B, de manera que la diferencia en distancias de los puntos 17 y 18, a partir del eje, es mayor que su actual separación geográfica.

La existencia de una zona de fractura, que desplazase la cresta de la dorsal, con extensión quizás en dirección Este, entre las localidades 17 y 18, podría venir en apoyo de tal interpretación.

Se registraron profundidades excepcionalmente grandes entre 17 y 18; tales profundidades son características, a veces, de zonas de fractura (20, 26). Si las zonas de fractura del Atlántico Sur arrumban algo al N. de su orientación orientada, dirección que está de acuerdo con los propuestos ejes de rotación, tal zona de fractura podría ser la misma que la que desplaza la cresta a 29,5° S. entre los segmentos B y C (fig. 6).

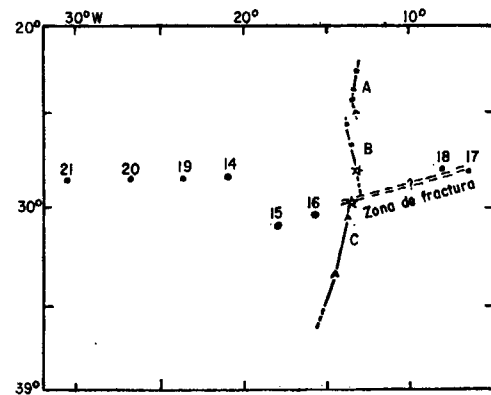


Fig. 6 (arriba).—Arrumbamientos del eje de la Cadena Atlántica Media en el Atlántico meridional, tal como resultan de las pruebas geofísicas obtenidas en las localidades que se señalan, más los datos de epicentros sísmicos. Los sitios de perforación se muestran en relación con sus distancias al eje de alzamiento. Origen de los datos: cuadrados, de (21); estrellas, de (1); triángulos, de datos del Lamont Geological Observatory.

Las incertidumbres estimadas en las edades paleontológicas han sido determinadas a partir de la correlación estratigráfica practicada por Berggren (8). Sin embargo, una compilación más reciente (27), basada en dataciones radiométricas dentro de las series estratigráficas de los continentes, dan edades algo diferentes para algunos tramos paleontológicos, especialmente durante el Terciario medio. Traen consigo implicaciones que serán discutidas más adelante.

Los valores de la tabla 6 suministran una relación lineal general entre las edades y las distancias a partir del eje de la D. A. M. Si se escoge la distancia más próxima con respecto al eje, la velocidad promedio de extensión hasta hace sesenta y seis millones de años, para estas ubicaciones de perforación, parece ligeramente más reducida que 2 cm. por año. Para un eje de rotación situado en el Atlántico Norte, la velocidad de extensión que mejor acomoda con los hechos parece ser casi igual a 2 cm. por año (ver fig. 7). Si aceptamos las más recientes edades pa-

leontológicas enunciadas por Berggren (27), las velocidades promedio podrían resultar ligeramente incrementadas en ambos casos, pero siguen siendo próximas a 2 cm. por año.

Se seleccionaron las localidades 17 y 18, en el flanco oriental de la dorsal, a objeto de comprobación de la simetría del esquema de extensión. Mientras que las edades de los sedimentos en estas localidades parecen concordar bien con la dorsal del flanco occidental, en lo que a distancias lineales se refiere, la localidad 17 parece resultar algo más joven, según la interpretación del eje de rotación (fig. 7). La falta de encaje para la localidad 17, en este caso, pudiera ser consecuencia, bien de que hubiese alguna asimetría E.-O. en el esquema de extensión, o por que se hubieran desarrollado desplazamientos de la zona de fractura entre la cresta y las ubicaciones 17 y

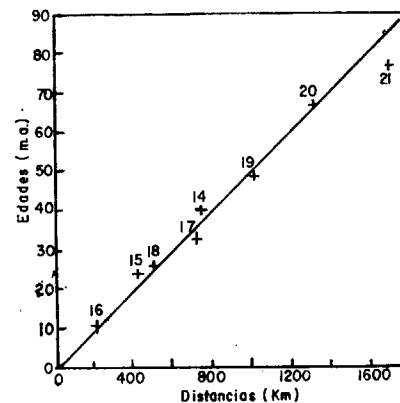


Fig. 7 (abajo).—La edad del sedimento inmediatamente por encima del basamento basáltico está acotada en función de la distancia a partir del eje de la dorsal (m. y. = millones de años).

18. Desgraciadamente el esquema de anomalías magnéticas del flanco oriental no tiene la suficiente definición como para que resulte de gran ayuda para la resolución de este problema, que en cualquier caso es de orden menor.

La dispersión de puntos en la figura 7 pudiera ser interpretada como indicadora de cambios, durante el pasado, en la velocidad de extensión del fondo marino (28, 29).

Para una extensión constante de corto plazo, las velocidades de extensión correspondientes variaciones en la pendiente entre puntos de la figura 7 quedan comprendidas entre 0,4 a 4 centímetros por año. Resultan cambios similares si se emplean los datos paleontológicos de Berggren (27). Como consecuencia de la incertidumbre de los datos no parece justificable llegar a la con-

clusión de que la extensión del fondo marino haya variado en tal cuantía en períodos de cinco a diez millones de años.

Además no parece que los datos ofrezcan gran apoyo para la admisión de la extensión de los fondos marinos durante períodos de más de diez millones de años, aunque haya sido propuesto para el Mioceno (5,5 a 22,5 m. a.) y el Paleoceno (53 a 65 m. a.) (25). Haría falta encontrar intervalos más grandes, en las velocidades de extensión, que las que han sido observadas, si se hubiera de admitir la existencia de largos períodos de escasa o ninguna extensión.

Otra explicación posible, para parte de la dispersión que ofrecen los datos, puede residir en que haya habido lugar a desplazamientos en los ejes de inyección de nuevas rocas en los fondos marinos, lo que quizás tendría como consecuencia una distribución anormal alrededor del eje geográfico (30). Para algunos perfiles magnéticos de clara definición, transversales a cimas, la desviación típica de la distribución normal parece ser tan reducida como 3 Km.; en otras de unos 5 Km. Para el Atlántico Sur, cuyo esquema se ofrece como relativamente regular, la desviación típica no excede probablemente los 5 Km. En este caso, el 95 por 100 del fondo marino tiene su origen dentro de los 10 Km. de su posición predicha a partir de la extensión ideal de los fondos marinos (desviación típica ± 2 o ± 10 Km. a cada lado del eje de la dorsal); o, en otras palabras, la probabilidad de que cualquier parte del piso marino tuviese su origen a más de 10 Km. de distancia de su posición más verosímil en el esquema de extensión de fondos marinos es sólo del 5 por 100, si es que se acepta que el proceso ha conservado valor constante a lo largo del tiempo exigido para su formación. Esta incertidumbre adicional de 10 Km. servirá para justificar, en alguna medida, la dispersión de datos en la figura 7.

Desplazamientos relativos entre localidades de perforación en el piso del Océano, debidos a la existencia de zonas de fractura, pueden contribuir también a la dispersión de datos. La relativa pequeñez de la escala de la dispersión implica que cualquiera de tales desplazamientos haya tenido que ser de 50 a 100 Km.

Se ha deducido, tiempo atrás, a partir del estudio de las anomalías del campo magnético marino (2), que la velocidad de extensión para el Atlántico Sur es de 2 cm. por año. Las edades de anomalías magnéticas, predichas para las localidades de los sondeos, figuran en la tabla 6. Existe acuerdo razonablemente aceptable entre las edades magnéticas predichas y las determinadas por métodos paleontológicos, especialmente

si se tiene en cuenta la incertidumbre de la relación existente entre la localidad del sondeo y el centro de la anomalía magnética. Quizás las únicas desviaciones de alguna monta, para las edades predichas, son las de los puntos 19 y 20. Ambas localidades ofrecen edades algo más jóvenes que las anticipadas, lo que sugiere que la escala propuesta de tiempos geomagnéticos (3) pudiera estar necesitada de revisión, de menor categoría, para las edades de cincuenta millones de años o mayores, del mismo sentido, pero no tan grandes, como las sugeridas por Le Pichon (25).

Se llega a la conclusión de que el piso Atlántico Sur se ha ido extendiendo a una velocidad esencialmente constante durante los últimos sesenta y siete millones de años. Igualmente, que la velocidad media de extensión, de 2 cm. por año (determinada a partir de los sondeos), está de acuerdo tanto con la de los fondos marinos como con la estratigrafía magnética, y ha suministrado una piedra de toque crítica para ambos criterios.

HISTORIA DE LA CUENCA DEL ATLÁNTICO SUR

Los datos presentados hasta ahora se prestan perfectamente para la elaboración de una interpretación de la historia geológica del Atlántico Sur, cuyo modelo corresponde a una extensión casi constante del fondo marino, con considerables movimientos verticales en la zona de crestas. Los cambios en las cotas de la dorsal pueden ser atribuidos a pequeñas escalas, pero son notables en la velocidad de la extensión. La idea de un lapso, en el fenómeno de extensión, había sido sugerida antes por Ewing y Ewing (29), sobre la base de interpretaciones de espesores de sedimentos determinados sismicamente. Además la estrechez del flujo de alto poder calórico en la región axial de la D. A. M. sugirió a Langseth y otros (28), que habría incrementado la velocidad de extensión durante los últimos diez millones de años. Schneider y Vogth (31) mantuvieron también que no era constante la extensión atlántica, apoyándose en pruebas supletorias, suministradas por las discontinuidades en la topografía de la dorsal, y por las amplitudes de las anomalías magnéticas. Sin embargo, la velocidad casi constante de extensión, a razón de 2 cm. por año desde los tiempos cretáceos (determinado por perforación), casi puede decirse que excluye la posibilidad de cambios importantes, o de largas interrupciones en la velocidad de extensión. Aunque, no obstante, se admite que hayan tenido lugar algunas variaciones en dicho fenómeno. Como se ha hecho notar, los datos admiten interpretación que incluya cambios de corto plazo en las

velocidades de extensión, de casi un orden de la magnitud, aunque creemos más probable que la extensión ha sido mucho más constante.

Hemos analizado las convincentes pruebas suministradas por el registro sedimentario, que acusan una profundidad de fondos no estable, que puede ser correlacionada además con variaciones en la velocidad de extensión. Porque, si hubiera habido una extensión constante y hundimiento solamente en los flancos, la columna geológica en cada localidad debería constituir una sucesión regular de sedimentos en proceso de descenso gradual. La superposición de sedimentos, de moderadamente ricos a ricos en contenido carbonático, del Mioceno superior y más jóvenes, sobre sedimentos que se habían acumulado en aguas mucho más profundas (en las localidades 15 y 17), indica un rejuvenecimiento de la D. A. M. durante el Cenozoico alto.

La causa del relieve crestal está sin duda en relación con la anormal ligereza del manto que subyace actualmente a la dorsal (32). Esta ligera densidad del manto está relacionada a su vez con los flujos de calor, anormalmente altos, que han sido observados en la parte axial de la dorsal (21, 28). Conforme una costra, de nueva creación, estaba experimentado transporte lateral a regiones de flancos que tenían como yacente manto de densidad normal, o conforme el manto experimentaba alteración (térmica o química) hasta alcanzar una estructura más normal, debió dar lugar a hundimiento. No es probable que el alzamiento crestal y el hundimiento de los flancos sean sencillamente resultado de la sola expansión termal. Tienen lugar variaciones en la densidad del manto, originadas por cambios de fases y otros procesos, así como hundimiento isostático, que deben ser tomados en consideración al explicar el relieve de los fondos oceánicos (31, 33).

Los resultados de los sondeos apoyan claramente las pruebas antes existentes de que el fondo del Atlántico Sur se ha ido ampliando, por

extensión, desde el Cretáceo, a razón de 2 centímetros por año, y que al mismo tiempo se estaba creando constantemente nueva costra basal en la región crestal. Adoptamos la premisa de que las formaciones litoestratigráficas del Atlántico Sur representan facies de disolución, cuyas profundidades están en relación con la profundidad de compesación de la calcita. En este trabajo se atribuyen primariamente las facies de disolución a variaciones absolutas en la profundidad de deposición —es decir, a variaciones en las cotas de la dorsal—, más bien que a variaciones relativas en la profundidad de la lisoclina.

Conforme la diferencia de elevaciones entre la cresta y el flanco de la D. A. M., llega a alcanzar un valor de 3.000 m., un segmento cortical se ha hundido en la misma medida conforme se desplazaba desde la creta al flanco más bajo. La serie del Terciario temprano, con su cambio de légame de creta arcilla roja, suministra la evidencia del modelo de cinta transportadora geológica, en descenso, de los sedimentos. Sedimentos, que muestran disolución de ligera a moderada, fueron depositados en un basamento basáltico, de nueva creación, en las áreas crestales de una D. A. M. ancestral,alzada a cientos o a mil metros por encima de la profundidad de compesación calcítica. Sedimentos, más próximos en carácter a la facies de arcilla roja, se estaban acumulando conforme el fondo marino estaba siendo transportado a los flancos exteriores, y más profundos, por extensión. El fondo marino en la localidad 20 alcanzó la profundidad de compesación durante el Oligoceno más alto, pero en la localidad 15 durante el Mioceno medio. Sedimentos del Neógeno, ricos en carbonatos, se depositaron en las áreas crestales, permaneciendo muy por encima de la profundidad de compesación de la calcita. Este modelo interpretativo es el que mejor explica el esquema de facies observado. El hecho de que, cada nivel de referencia de tiempos, esté representado por una formación más rica en carbonatos hacia la cresta de la dor-

Fig. 8.—Reconstrucción de la historia del Atlántico meridional teniendo en cuenta la extensión de fondos marinos, edades paleontológicas y formaciones litológicas. Los detalles de los métodos usados se explican en el texto. Las distancias entre localidades, la batimetría y los espesores sedimentarios se expresan a escalas diferentes para hacer más expresiva la ilustración. La línea más alta de cada corte representa la topografía del pasado; la del fondo el contacto sedimento-basalto. a) Final del Eoceno (treinta y siete millones de años); velocidad de extensión, 1,9 cm. año. b) Final del Oligoceno (hace veintiséis millones de años); velocidad de extensión, 1,8 cm. año. c) Mioceno inferior a fin del Aquitaniense (hace veintitrés millones de años); velocidad de extensión, 1,5 cm. año. d) Fin del Mioceno (hace seis millones de años); velocidad de extensión, 2,0 cm. año. e) Estratigrafía actual.

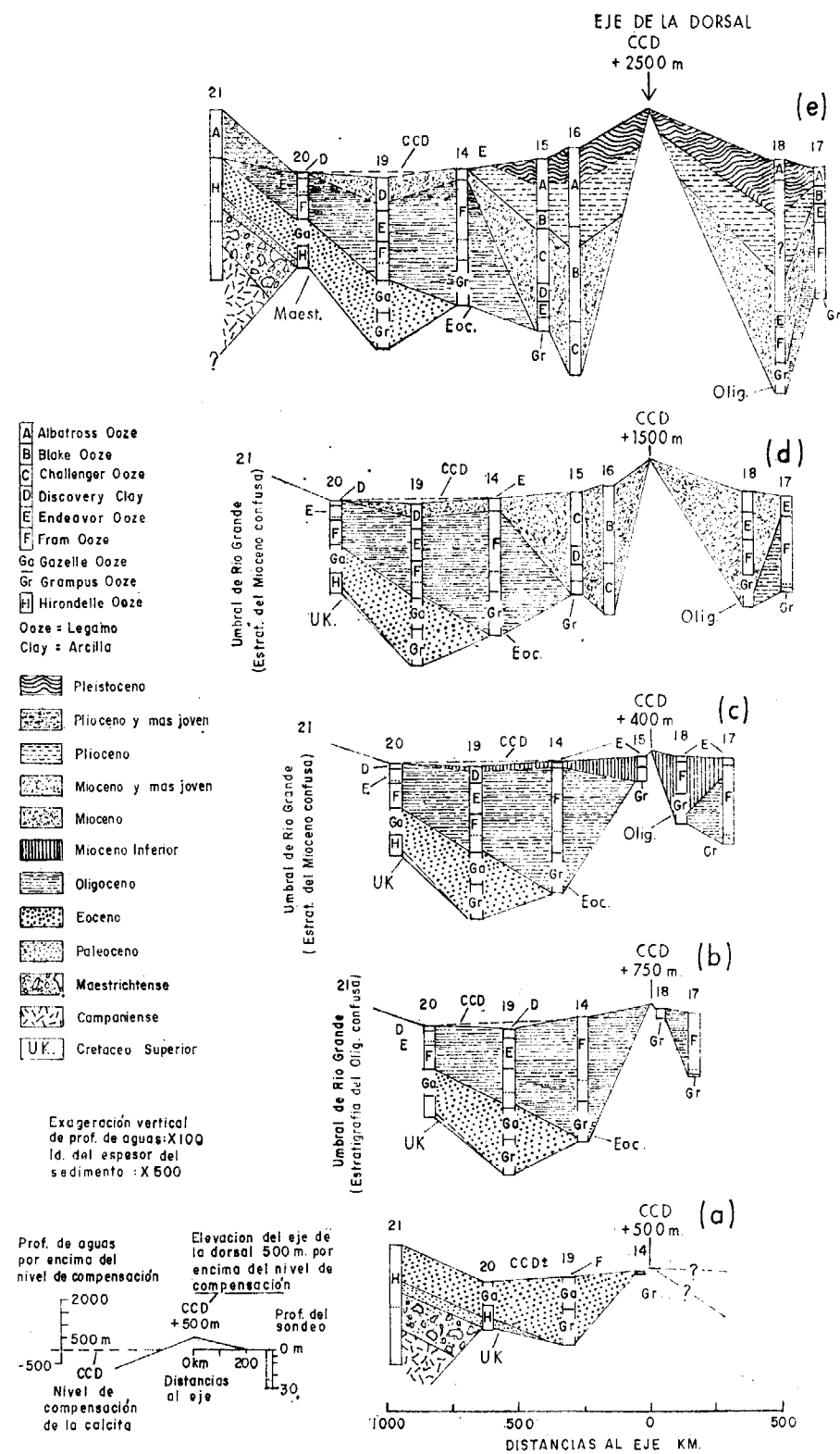


Fig. 8.

sal, y más desprovista de ellos hacia las zonas externas, puede ser considerado como expresión de la topografía de la D. A. M. ancestral.

En la figura 8 se ofrece una presentación gráfica de tal interpretación. Se ha reconstruido en ella una serie de cortes estratigráficos, y se refiere a cinco épocas diferentes: a) fin del Eoceno (treinta y siete mm. de años); b) final del Oligoceno (veintiséis mm. de años); c) fin del Aquitaniense-Mioceno inferior (veintitrés mm. de años); d) fin del Mioceno (seis mm. de años), y e) actual. Se aplicaron los siguientes criterios:

1) Para cada época de referencia se desplazaron las localidades hacia el eje de la dorsal, por una distancia equivalente a la extensión que había experimentado el piso marino durante el período transcurrido entre la referencia precedente y la que se estaba considerando.

2) En cada nueva localidad se eliminaban todos los sedimentos más modernos que el de la época de referencia.

3) La batiometría de cada una de ellas fue determinada de nuevo mediante examen de la formación recién expuesta y relación de su profundidad de deposición con respecto a la profundidad de compensación de la calcita, tal como fue discutido en el apartado anterior.

4) Se extrapoló la elevación del eje de la dorsal para cada época de referencia, sobre todo sobre la base de la batimetría interpretada para las localidades próximas.

5) La litoestratigrafía ha sido mostrada en forma de columna para cada localidad, y se trazaron líneas de correspondencia para indicar las edades de las formaciones.

Aunque la velocidad de extensión lineal promedio fue de 2 cm. por año, se modificó ligeramente en algunos casos para acomodarla a la estratigrafía. Por ejemplo, el punto 15, que está situado ahora a 422 Km. del eje, incluye sedimentos del Aquitaniense; por consiguiente, hubo de utilizarse una velocidad de extensión de 1,5 centímetros por año para la época de referencia, de veintitrés millones de años.

La figura 8 muestra que el régimen sedimentario no ha cambiado radicalmente en la cuenca del Atlántico Sur durante los últimos ochenta millones de años. Una cubierta, relativamente delgada, de légamos de creta, con algunos légamos margosos y arcillas rojas, ha cubierto la dorsal. No hubo depósitos atribuibles a corrientes turbias capaces de llegar hasta allí, probablemente porque quedarían atrapados en cuencas próximas a los continentes (tales como la de Angola y del Brasil). Las formaciones del dominio de la dorsal se han diferenciado, sobre todo, por presentar tres grados diferentes de disolución. En con-

traste, la velocidad de producción y de erosión por corrientes, puede haber jugado un papel más importante en la provincia del umbral de Río Grande. Mientras que las discordancias entre los sedimentos de la dorsal parecen haber sido consecuencia sobre todo de disolución, los hiatos en los sedimentos del umbral han sido, con casi completa seguridad, son consecuencia de remoción mecánica. Los datos del punto 21 sugieren que el umbral permaneció en alto, mientras que la dorsal ensanchaba y, a veces, profundizaba durante el Terciario.

Con la admisión de que la velocidad promedio de extensión fue de 2 cm. por año resulta posible establecer, como estimación, que la separación entre Sudamérica y África comenzó hace ciento treinta millones de años, durante el Cretáceo inferior bajo.

Lo que concuerda con la comparación geológica que puede establecerse entre Gabón y Brasil, que muestra una sorprendente semejanza entre sus aptenses, y también entre las rocas más antiguas de ambos países, de modo que su separación queda así datada como del Cretáceo medio, o sea hace unos ciento veinte millones de años (34). Desgraciadamente los resultados de las perforaciones de la travesía 3 no puede dar respuesta definitiva acerca de la edad de separación, ya que el sedimento más viejo entre los datados en el Atlántico Sur corresponde al Campanense (< ochenta millones de años). Sin embargo, hay pruebas que apoyan que el Atlántico Sur se estableció, o bien durante el Jurásico más alto o el Cretáceo más bajo, y que el Océano tenía ya unos 3.000 Km. de anchura cuando se depositó el Campanense del punto 21 (el sedimento más viejo entre los que han suministrado los testigos).

Los sedimentos cretáceos más viejos de la provincia del umbral de Río Grande se depositaron en aguas relativamente someras, bien sobre un fragmento de continente hundido, o en un grupo de guyotes en proceso de hundimiento. Los sedimentos más viejos, entre los que suministrasen testigos, son del Maestrichtense, o sea, de hace unos setenta millones de años.

Hacia el fin del Eoceno (fig. 8 a) el umbral constituía ya una característica topográfica definida, aunque el Océano Atlántico aún no tuviera suficiente profundidad como para que pudieran depositarse arcillas rojas. La lentísima velocidad de deposición de los sedimentos del Maestrichtense, Paleoceno y Eoceno inferior en el dominio de la dorsal, así como la existencia de discontinuidades, indican, sin embargo, disolución considerable de CaCO_3 , especialmente de foraminíferos planctónicos; así resulta que la formación Hironnelle en el punto 20 es mucho más delgada,

y mucho más pobre en foraminíferos, que su contrapartida en el umbral de Río Grande.

El légamo de *Grampus* hizo su primera aparición en el punto 19, durante el Eoceno medio. Desde entonces hasta la base del Mioceno, esta unidad, de contenido en carbonato moderado, o localmente alto, obtiene los primeros sedimentos depositados en la costra basáltica recién constituida (ver fig. 8). Así es que el légamo de *Grampus* puede ser considerado como el depósito crestal sobre la D. A. M. ancestral. Los depósitos de flanco, del Eoceno medio y superior, constituyen la formación *Gazelle*, de bajo contenido en carbonato. La localidad 20 debió descender hasta el nivel de compensación final de la época eocena, de modo que los depósitos del Eoceno superior falta allí casi por completo, ya que probablemente han sido eliminados por disolución.

Puede haber tenido lugar una ligera elevación del fondo oceánico, o una ligera depresión del nivel de la profundidad absoluta de compensación de la calcita, durante la primera época oligocena. En todo caso el légamo *Fram*, de moderado contenido en CaCO_3 , se superpuso en el flanco a la formación *Gazelle*, de bajo contenido en carbonato. Las velocidades de sedimentación de *Fram* son también acusadamente más altas. Hacia el fin del Oligoceno, sin embargo, los puntos situados en los flancos (localidades 19 y 20), descendieron por debajo del nivel de compensación calcítica, mientras que el área crestal se alzaba a más de 1.000 m., lo que permitía sedimentación de alto contenido carbonático (*Grampus* de la localidad 18).

Un acontecimiento sedimentario digno de mención tuvo lugar durante el Oligoceno medio, cuando se depositó la creta de *Braadurosphaera*. Esta unidad estratigráfica se extendía, en esa época, por toda la cuenca, y alcanzaba su máximo grosor en el umbral de Río Grande. No se conoce la razón para este impresionante florecimiento de *Braadurosphaera rosa*, con exclusión de otros plancton calizos. Las circunstancias debieron ser repetitivas, ya que en la localidad 20 se encontró más de una capa de esa creta.

Durante comienzos del Mioceno debió iniciarse una profundización general. El sedimento de Mioceno inferior en la localidad 15, que yacía entonces próxima al eje dorsal, es el légamo *Endeavor* de contenido moderado en CaCO_3 , lo que apunta a un eje dorsal más profundo. Consecuentemente se ha postulado una altura, para la cima de la profundidad de compensación calcítica, más 400 m., 4100 m. si aceptamos la actual profundidad de compensación de la calcita, o de 4.600 metros si aceptamos la profundidad propuesta por Heath (19).

La profundización condujo también a una penetración lateral de la profundidad de compensación hacia el eje dorsal. El hundimiento continuó durante el Mioceno medio, cuando la formación *Endeavor* quedó cubierta por la unidad *Discovery*, pobre en carbonato, en el punto 15. Las velocidades de disolución, en esta D. A. M., tuvieron que ser rápidas. El Eoceno medio está representado, o bien por una arcilla roja desprovista de plancton calífero, o por una discordancia de disolución en los puntos de la dorsal más externos que el 15.

El condicionamiento de la sedimentación de arcillas rojas, durante el Mioceno medio, no quedó restringido al Atlántico Sur. El Mioceno del punto 10 en el flanco de la D. A. M. septentrional mostró la presencia de arcillas rojas, en gran medida zeolíticas (35). Se depositaron arcillas rojas, desprovistas de fósiles, en el punto 12 de la cuenca del Cabo Verde (35) y en el 13 del umbral de Sierra Leona (1), correspondientes a la mitad del Terciario, durante un período que incluía el Mioceno medio.

La gran profundidad del Atlántico del Mioceno medio pudo haber coincidido con un período de flujo calórico crestal, más reducido, con material más denso bajo la creta, lo que produciría una reducción en la velocidad de extensión del fondo marino. Teoría que cuenta con el apoyo del esquema de sedimentación que impera desde el fin del Aquitaniense hasta el fin del Mioceno, y que apunta a una velocidad marcadamente más reducida que los 2 cm. por año.

Durante el Mioceno alto tuvo lugar un rejuvenecimiento de la D. A. M., así como un incremento en la velocidad de extensión. Hacia el fin del Mioceno (fig. 8), la nueva área crestal yacía alrededor de unos 1.500 m. por encima de la profundidad de compensación calcítica (a una profundidad de 3.000 m., sin consideramos la actual profundidad de compensación).

En el punto 16, situado en la vecindad de la creta, el légamo *Challenger* tiene un contenido alto en CaCO_3 , aunque más pobre en el punto 15, algunos 200 Km. hacia el O. En los puntos 14 y 19 el fondo marino se mantuvo bajo la profundidad de compensación, y el Mioceno superior está representado allí por una arcilla roja y por una discordancia.

El alzamiento de la dorsal debió continuar durante el Plio-Pleistoceno. La actual elevación de la creta, situada entonces a profundidad de 2 kilómetros, no ha sido excedida nunca, con toda probabilidad. El légamo *Albatross*, con moderado a alto contenido en CaCO_3 , se está depositando actualmente a una distancia de unos 650 Km. del eje de la dorsal (punto 17). Más hacia afuera, en

los puntos 14, 19 y 20, el fondo oceánico ha permanecido ampliamente por bajo de la profundidad de compensación desde finales del Oligoceno o principio del Mioceno. Depósitos de plancton calcáreo más jóvenes, o faltan en la actualidad, o todo lo más están presentes como una hilada muy delgada.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) A. E. MAXWELL et al.: *Initial Reports of the Deep Drilling Project* (U. S. Government Printing Office, Washington, D. C., 1970), vol. 3.
- (2) G. O. DICKSON, W. C. PITMAN III, J. R. HEIRTZLER: «J. Geophys. Res.», 73, 2087 (1968).
- (3) J. R. HEIRTZLER, G. O. DICKSON, E. M. HERRON, W. C. PITMAN III, X. LE PICHON: *Ibid.*, 2119.
- (4) W. C. PITMAN III and J. R. HEIRTZLER: «Science», 154, 1164 (1966).
- (5) H. M. BOLL: «U. S. Nat. Mus. Bull.», 215, 97 (1967).
- (6) WALTER, H. BLOW: «Proc. Int. Conf. Planktonic Microfossils Leiden Ist.», 1, 199 (1969).
- (7) H. H. HESS: In «Petrologic Studies». A. E. J. ENGEL et al. Eds. (Geological Society of America, New York, 1962), pp. 599-618; R. S. DIETZ: «Nature», 190, 854 (1961).
- (8) W. A. BERGGREN: *Micropaleontology*, 15, 351 (1969).
- (9) J. E. ANDREWS and K. LINGHWA HSU: «American Stratigraphic Commission Note 38» (American Association of Petroleum Geologists Tulsa, in press).
- (10) M. N. BRAMLETTE: «Geol. Soc. Amer. Bull.», 69, 121 (1958).
- (11) W. H. BERGER: «Science», 156, 383 (1967).
- (12) — — «Deep-Sea Res.», 15, 31 (1968).
- (13) M. N. BRAMLETTE: In *Oceanography*. M. Sears, Ed. (AAAS, Washington, D. C., 1961), pp. 345-366.
- (14) M. N. A. PETERSON: «Science», 154, 1542 (1966).
- (15) J. D. HUDSON: «Mar. Geol.», 5, 473 (1966).
- (16) R. A. BERNER: «Geochim. Cosmochim. Acta», 29, 947 (1965).
- (17) C. EMILIANI and G. EDWARDS: «Nature», 171, 887 (1953); H. A. LOWENSTAM, in *Problems in Palaeoclimatology*, A. E. M. Nairn, Ed. (Interscience, London, 1964), pp. 227-252.
- (18) G. O. S. ARRHENIUS: «Rep. Swed. Deep-Sea Exped.», 5 (fascicle 1), 1 (1962); W. R. RIEDEL and E. M. FUNNELL: «Quart. J. Geol. Soc. London», 120, 305 (1964).
- (19) G. R. HEATH: «Geol. Soc. Amer. Bull.», 80, 689 (1969).
- (20) B. C. HEEZEN and M. THARP: «Phil. Trans. Roy. Soc. London Ser. A», 258, 70 (1965).
- (21) V. VACQUIER and R. P. VON HERTZEN: «J. Geophys. Res.», 69, 1093 (1964).
- (22) C. W. STOVER: *Ibid.*, 73, 3807 (1968).
- (23) E. BULLARD, J. E. EVERETT and A. GILBERT SMITH: «Phil. Trans. Roy. Soc. London Ser. A», 258, 41 (1965).
- (24) W. J. MORGAN: «J. Geophys. Res.», 73, 1959 (1968).
- (25) X. LE PICHON: *Ibid.*, p. 3661.
- (26) H. W. MENARD: *Maine Geology of the Pacific* (McGraw-Hill, New York, 1964), chap. 3.
- (27) W. A. BERGGREN: In preparation.
- (28) M. G. LANGSETH, JR., X. LE PICHON and M. EWING: «J. Geophys. Res.», 70, 5321 (1966).
- (29) J. EWING and M. EWING: «Science», 156, 1590 (1967).
- (30) D. R. MATTHEWS and J. BATH: «Geophys. J. Roy. Astron. Soc.», 13, 349 (1967); C. G. A. HARRISON: «J. Geophys. Res.», 73, 2157 (1968).
- (31) E. D. SCHNEIDER and P. R. VOGT: «Nature», 217, 1212 (1968).
- (32) X. LE PICHON, R. E. HOLTZ, C. L. DRAKE and J. E. NAPE: «J. Geophys. Res.», 70, 319 (1965); M. TALWANI, X. LE PICHON and M. EWING: *Ibid.*, p. 341.
- (33) K. J. HSÜ: «Amer. J. Sci.», 263, 97 (1965); K. J. HSÜ and S. O. SCHLANGER: «Int. Geol. Cong. Rep. Sess. Prague 23rd», 1 (section 11, 91 (1968).
- (34) G. O. ALLARD and V. HURST: «Science», 163, 528 (1969).
- (35) M. N. A. PETERSON et al.: *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* (Government Printing Office, Washington, D. C., 1970), vol. 2.
- (36) M. N. BRAMLETTE and J. A. WILCOXON: «Tulane Stud. Geol.», 5, 93 (1967).
- (37) W. W. HAY: «Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.», 17, 438 (1967).
- (38) El Deep Sea Drilling Project (Proyecto de perforación de mares profundos), es parte del National Ocean Sediment Coring Program (Programa nacional de obtención de testigos de los fondos oceánicos), sostenido por la National Science Foundation. Contribución 2414 de la Woods Hole Oceanographic Institution.

Recibido: Enero 1971.

Historia geológica del Pacífico nord-occidental ⁽¹⁾

por A. G. FISCHER (2), B. C. HEEZEN (3), R. E. BOYCE (4), D. BUKRY (5), R. G. DOUGLAS (6), R. E. GARRISON (7), S. A. KLING (8), V. KRASHE-NINIKOV (9), A. P. LISITZIN (10) y A. C. PIMM (11).

RESUMEN

Una porción considerable del piso abisal del Pacífico Noroeste estaba recibiendo ya sedimentos pelágicos en los tiempos finales del Jurásico. Los sedimentos carbonáticos fueron reemplazados más adelante por arcillas abisales, conforme profundizaba la depresión y las aguas del fondo aumentaban su agresividad. La facies limítrofe resultante, que puede ser reconocida en los perfiles sísmicos, resulta ampliamente transgresiva; sus edades alcanzan desde el Cretáceo Medio, en el Pacífico Occidental, hasta el Oligoceno en el Central. Se encuentran sílex, tanto en el principal límite facial como por debajo, y parecen haber sido constituidos por procesos post-deposicionales.

La máxima sorpresa suministrada por el estudio geológico de los Océanos, durante la última década, ha sido la juventud de la corteza oceánica, con respecto a la de los continentes. Pruebas geológicas y geofísicas de muchas clases (1) sugieren que el crecimiento de las costas se logra mediante acreción de rocas ultramáficas y basaltos, derivadas del manto en la zona axial de la dorsal oceánica media (Mid Oceanic Ridge), hasta llegar a constituir allí un «basamento volcánico oceánico». Conforme el basamento recién formado se desplaza, alejándose

de la zona axial, dejando espacio para nuevas adiciones, envejece, se hunde y se acumula sobre el una cobertura sedimentaria. Mediante perforaciones en mar profundo (2) se están obteniendo pruebas directas de las edades, composiciones e historia de los fondos marinos y de los procesos que actúan sobre y dentro de él. Nos ocuparemos aquí de las observaciones practicadas a bordo del *Glomar Challenger* durante sus travesías, a fines de sondear los fondos entre Hawai y Guam (3), en la medida en que estén relaciona-

(1) Traducción directa, por José María Ríos, del original en lengua inglesa titulado «Geological History of the Western North Pacific», aparecido en la revista «Science», de la American Association for the Advancement of Science en su número 3.936, vol 168, de 5 de junio de 1970. La publicación ha sido amablemente autorizada por el editor y por los autores.

© Am. Assoc. Adv. of Sc.

(2) Princeton University. — (3) Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University. — (4) University of California. — (5) U. S. Geological Survey, San Diego, California. — (6) Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio. — (7) University of California, Santa Cruz. — (8) Cities Service Oil Company, Tulsa, Oklahoma. (9) — Academia de Ciencias, Moscú, U. R. S. S. — (10) Academia de Ciencias Moscú, U. R. S. S. — (11) University of California, San Diego.

(1) B. C. HEEZEN, in *Continental Drift*. S. K. Runcorn, Ed. (Academic Press New York, 1962, pp. 235-288). H. TAKEUCHI, S. UYEDA, *Debate about the Earth* H. KANAMORI, (Freeman, Cooper, San Francisco, 1967); J. T. WILSON, *Nature*, 198, 925 (1963).

(2) El programa de obtención de testigos oceánicos de la National Science Foundation comenzó con la perforación Cuss 1, operación asociada al proyecto Mohole, y siguió con el estudio del Plateau de Blake. Está centrado actualmente en el «Proyecto de Perforación de Mares Profundos», dirigido por la Scripps Institution of Oceanography, asesorada por JOIDES. Consiste en un programa de sondeos, de altos vuelos, llevados a cabo por el *Glomar Challenger*, de la Global Marine.

(3) El *Glomar Challenger* ha completado cinco etapas o travesías de su cruce de perforaciones en el Atlántico, y otras cinco en el Pacífico. Las perforaciones sobre las que se informa aquí fueron realizadas en la travesía nú-

das con la génesis cortical y con cambios en las profundidades de las aguas marinas. Se ha considerado, por lo general, que la dorsal pacífica oriental ha constituido el sitio de acreción cortical (4) en el Océano Pacífico, y las mues-

tras obtenidas por perforación entre San Diego y Hawai, han confirmado, en lo principal, el esquema imaginado, de modo que muestra una costra oceánica que resulta progresivamente más vieja en dirección al Oeste, hacia Hawai (5) (fi-

CUADRO 1

Resumen de las localidades de perforación en mar profundo del Pacífico Nordoccidental

Localidad	Prof. de agua (m)	Lat. (N)	Long.	Profundidad total
44	1.478	19° 18,5'	169° 00,0' O	76 m. en pedernal del Eoceno medio en lodo carbonatado.
45	5.508	24° 15,9'	178° 30,5' O	105 m. en pedernal (?) y ceniza litificada en Cretáceo superior (Cenomanense), cretas y calizas.
46	5.769	27° 53,8'	171° 26,3' E	9 m. en pedernal cretáceo y cenizas en «arcilla roja».
47	2.689	32° 26,9'	157° 42,7' E	129 m. en pedernal del Cretáceo superior (Maestricht.) en lodo carbonático.
48	2.619	32° 24,5'	158° 01,3' E	84 m. en pedernal del Cretáceo superior (Maestricht.) en lodo carbonático.
49	4.282	32° 24,1'	156° 35,0' E	20 m. en pedernal del Jurásico superior (Titónico) a Cretáceo inferior (Neocomiense) en lodo carbonático.
50	4.487	32° 24,2'	156° 36,0' E	45 m. en lodo carbonático, en el Jurásico superior (Titónico).
51	5.981	33° 28,5'	153° 24,3' E	132 m. en pedernal del Cretáceo superior (Cenomanense) en lodo carbonático.
52	5.744	27° 46,3'	147° 07,8' E	9 m. en ceniza del Mesozoico (probablemente Cretáceo) en «arcilla roja».
53	4.629	18° 02,0'	141° 11,5' E	201 m. en calizas y basaltos del Oligoceno superior o Mioceno inferior.
54	4.990	15° 36,6'	140° 18,1' E	294 m. en basalto anterior al Mioceno medio.
55	2.850	09° 18,1'	142° 32,9' E	131 m. en greda del Oligoceno superior.
56	2.508	08° 22,4'	143° 33,6' E	270 m. en basalto (?) del Oligoceno superior.
57	3.300	80° 40,9'	143° 32,0' E	335 m. en basalto diabásico anterior al Oligoceno superior.
58	4.503 4.486	09° 14,1'	144° 25,1' E	173 m. en basalto anterior al Mioceno inferior.
59	5.554 5.547	11° 46,8'	147° 34,9' E	135 m. en pedernal cretáceo en «arcilla roja».
60	3.717	13° 40,0'	145° 41,9' E	348 m. en ceniza volcánica del Mioceno inferior.

mero 6, en Hawai y Guam, desde el 11 de junio al 5 de agosto de 1969. Se recuperaron 125 testigos, con una longitud compuesta de 685 metros, procedentes de 17 ubicaciones.

(4) La edad del basamento oceánico ha sido estimada con notable grado de exactitud, sobre la base de esquemas de

anomalías tectónicas (W. C. Pittman, III y Y. R. Heirtzler, *Science*, 154, 1164) (1966). Las anomalías lineares que han sido observadas se suponen constituidas sobre el eje de acrecimiento.

(5) D. A. Mc MANUS y otros, *Geotimes*, 14, 19 (1969). La existencia de un incremento occidental, para la edad de

gura 1). Aunque se había pensado que seguiría envejeciendo, también en forma progresiva, al Oeste de Hawai, no se pudo obtener una idea del crecimiento cortical, dada la escasa información de que se pudo disponer. Las perforaciones



Fig. 1.—Edades del basamento en el Pacífico N. y localidades datadas en la travesía 6 del *Glomar Challenger*.

practicadas entre Hawai y el Mar de Filipinas [ver (3) y el cuadro I], suministran las primeras pruebas acerca de la génesis cortical pre-terciaria del Pacífico. La porción mayor del Pacífico nord-occidental se ajusta al modelo general de edades corticales incrementantes hacia el Oeste, mientras que el Mar de Filipinas, y el área de la dorsal de las Carolinas no encajan,

la corteza al O. de Hawai, ha sido tentativamente deducido, a partir de esquemas magnéticos [(D. E. Hayes y W. C. Pittman, III, «Trans. Amer. Geophys. Union», 50, 189) (1969)], de grosores de los sedimentos, y de esquemas de zonas de fracturas.

puesto que parecen ofrecer basamento basáltico de edad terciaria.

Se alcanzaron rocas de edades cretáceas o jurásicas en nueve perforaciones (fig. 2, localidades 45 a 51 y 59). En todos los casos, la naturaleza silicítica de los sedimentos más viejos impidió la penetración en el basamento subyacente. Sin embargo, los perfiles sísmicos de reflexión, examinados conjuntamente con nuestros datos de perforación, sugieren que los sedimentos más viejos en el área del umbral de Shatsky comprenden el Jurásico más alto, y que en alguna parte de esa zona la costra pudiera ser más vieja. Es región que parece estar incluida en la parte más vieja del Océano Pacífico y constituye, con toda probabilidad, el máximo remanente de piso oceánico mesozoico que se conserva. Podría muy bien haber sido constituido por el antepasado mesozoico de la actual dorsal del Pacífico Oriental.

Una extrapolación simple hacia el occidente de estas relaciones generales entre edades de la costra oceánica (Cenozoico en el Pacífico Oriental, Cretáceo alto en el Central, Cretáceo bajo a Jurásico alto en el Occidental), pediría edades aún mayores a través de la fosa de las Marianas y en el Mar de Filipinas, y, sin embargo, los sondeos no han confirmado tal idea: en las localidades 53 y 54 había cenizas volcánicas, que yacen discordantes sobre un complejo de coladas de lava, que en una de ellas (53) contenía interestratificaciones calizas recocidas pelágicas, de edad oligocena o miocena baja. La serie es muy parecida a la que se ofrece en Guam y Saipan (6). Si se relacionan estos datos con los de trabajos sísmicos más antiguos (7), tales hallazgos sugieren que el Mar de Filipinas está provisto de un áspero basamento basáltico, de edad cenozoica, que podría representar un caparazón dispuesto sobre una corteza ultramáfica. Consideramos ahora, como menos verosímil, la solución alternativa según la cual habría habido en esta región una corteza más antigua continental u oceánica, sobre la que se extendiera un amplio vulcanismo máfico. Han sido propuestos diversos modelos: según uno de ellos la dorsal del Pacífico Oriental podría ser imaginada como habiéndose extendido alrededor de las márgenes septentrional y occidental de la cuenca del Pacífico dando origen, de este modo, a la costra de cobertura más moderna, sobre la vieja área oceánica que se acaba de discutir. El abrupto contacto de pisos marinos, joven y viejo, a lo largo de la Fosa de las Marianas, po-

(6) J. I. TRACEY, *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 403-A (1961), pp. 1-104.

(7) N. DEN *et al.*, *J. Geophys. Res.*, 74, 1421 (1969); S. MARAUCHI *et al.*, *ibid.*, 73, 3143 (1968);

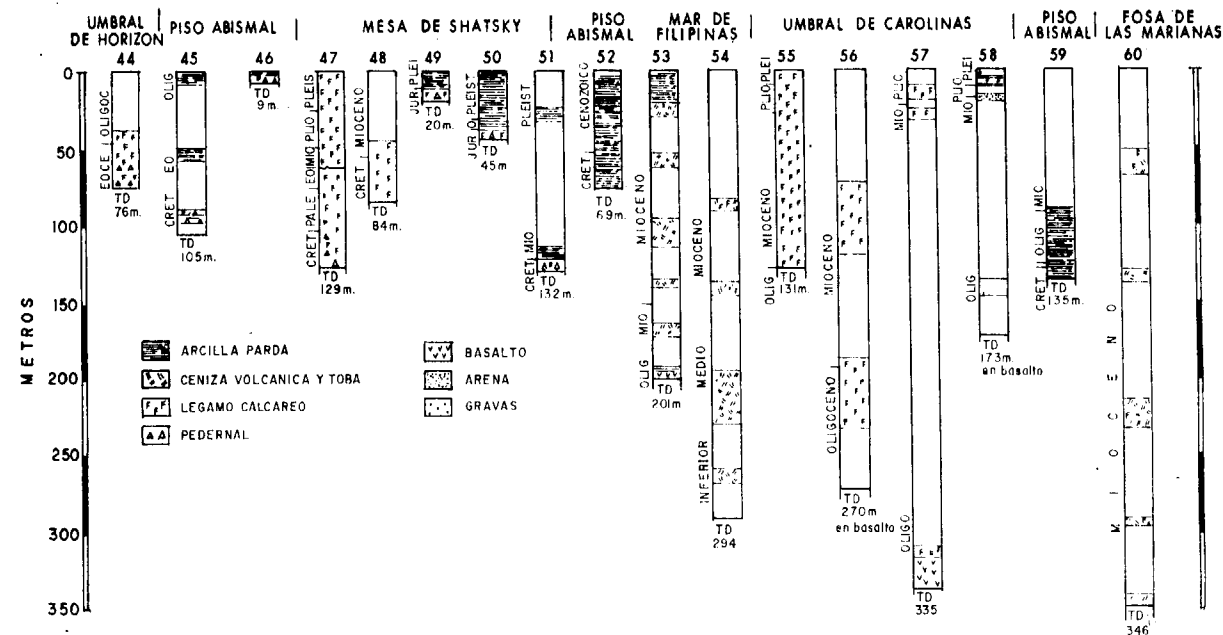


Fig. 2.—Registros de las perforaciones practicadas en el Pacífico N. D. Profundidad total.

dría explicarse por absorción cortical a lo largo de la fosa. Según este modelo, habríamos de aceptar la desaparición de la «dorsal del Pacífico oriental», de los costados septentrional y occidental del Océano Pacífico, en los tiempos últimos del Cenozoico. Otra hipótesis alternativa postula la existencia de áreas de crecimiento cortical, separadas y distintas del sistema dorsal oceánico medio; un centro local de crecimiento de tal tipo podría haberse localizado dentro, o en la margen del Mar de Filipinas, y estar todavía activo. Una tercera posibilidad es que la costa oceánica pueda resultar constituida por otros procesos distintos del de la acreción cortical en cinturones específicos, quizás por invasión masiva máfica-ultramáfica, de corteza vieja. Los datos de que disponemos actualmente no nos permiten dar solución a este problema. En cualquier caso, la asociación de corteza moderna y de un sistema arco de islas-fosa, que parece existir desde época eocena o de tiempos aún más viejos, sugiere que los conceptos al uso que tratan de explicar la mecánica de los arcos de islas sean demasiado sencillos (8).

Todavía hubo otra sorpresa fuera de la trinchera del flanco septentrional de la dorsal de las Carolinas (puntos 55 a 58). Los sedimentos oligocenos reposan allí sobre basalto. A diferencia

(8) D. KARIG, thesis University of California San Diego (1970).

del basamento basáltico, montañoso, del Mar de Filipinas y de la Dorsal Oceánica Media, estos basaltos ofrecen una superficie tendida y suave, desplazada solamente por pequeños saltos de falla. Ejemplos de tales superficies son las que existen por debajo de grandes áreas de los Océanos Atlántico y Pacífico y han sido designadas como horizontes B o B' (9).

Nuestras perforaciones han puesto de manifiesto que tales superficies pueden presentarse en la parte superior de complejos volcánicos oceánicos, pero queda por determinar si estos basaltos yacen sobre rocas co-evas ultramáficas, y representan entonces una corteza verdaderamente juvenil, o si recubren una corteza más vieja junto con sus sedimentos superimpuestos, a la manera de los basaltos de mesa continentales. Esta provincia de la dorsal de las Carolinas, linda con el Mar de Filipinas a lo largo de la margen meridional de la Fosa de las Marianas, y limita la vieja costra del Pacífico a lo largo de una zona de fracturas, de orden mayor, y de orientación Este.

Las áreas perforadas estaban tan alejadas de las masas continentales de orden mayor que es

(9) J. I. EWING, E. EWING, T. AITKE, W. J. LUDWIG, in *The Crust and Upper Mantle of the Pacific Area*, *Geophysical Monograph 12*, L. KNOPOFF, C. L. DRAKE, P. HART, Eds. American Geophysical Union, Washington, D.C. 1968), pp. 147-173.

escasa la influencia terrígena en la sedimentación. Los sedimentos son, o bien de tipo pelágico, o están dominados por material volcánico, principalmente ceniza pumítica y limos tobáceos, en grados diversos de su alteración a arcillas y zeolitas. Los componentes volcánicos pueden depositarse a cualquier profundidad. Los sedimentos pelágicos, por otra parte, aparecen sujetos a intensa influencia de la profundidad de compensación carbonática, que en las latitudes bajas o medias del Océano Pacífico yace actualmente a unos 4.000 metros (10).

Los sedimentos pelágicos más someros aparecen dominados, generalmente, por elementos esqueléticos calizos de plantas planctónicas (Coccolithoficeas) y, en menor grado, protozoarios, situación que persiste, por lo menos, desde el desarrollo de este planctón calizo en tiempos jurásicos. La mayor solubilidad de sus carbonatos a temperaturas más bajas y presiones más altas, en fondos más profundos, tiene como consecuencia la destrucción de la mayor parte de estas diminutas partículas calizas, bien durante su deposición o, más probablemente, en los fondos marinos; el sedimento resultante es un residuo, insoluble o poco soluble generalmente, que se conoce en la literatura oceanográfica como «arcilla roja» (realmente parda). Desde luego, la separación no es ni aguda ni invariable, y las estadísticas de distribución de carbonatos en relación con la profundidad están complicadas además por otro factor: los sedimentos carbonáticos pueden estar depositados y conservados, y lo están generalmente, a profundidades mayores y cuando son aportados en grandes masas. Así resulta que los carbonatos se depositan, corrientemente, en profundas planicies abisales y en fosas, en que los bancos productores de carbonatos y las plataformas continentales dan lugar a episodios de transporte y re-sedimentaciones masivas, mediante corrientes turbias, flujos de lodos y quizás otros mecanismos. Tales carbonatos resedimentados, encontrados en abundancia en las travesías 1 y 4 del Atlántico Occidental, fueron encontrados en el Pacífico Occidental en una sola localidad (punto 58).

Los sedimentos localizados en la vecindad del piso oceánico reflejan claramente la actual profundidad de compensación (fig. 3). Las siete localidades perforadas con profundidades de aguas inferiores a los 4.000 metros suministran, en toda su longitud, sedimentos calizos. De las diez localidades perforadas a profundidades de agua su-

(10) M. N. A. PETERSON, *Science*, 154, 1542 (1966); W. F. RUDDIMAN and B. C. HEEZEN, *Deep. Sea. Res.* 14, 801, (1967), W. H. BERGER, *Science*, 156, 383 (1967).

periores a los 4.000 metros, ocho mostraron arcillas pardas en la parte superior de la serie sedimentaria; de las dos restantes, en una no se recuperaron sedimentos próximos a la superficie, y la otra (punto 58) es la única localidad que de-

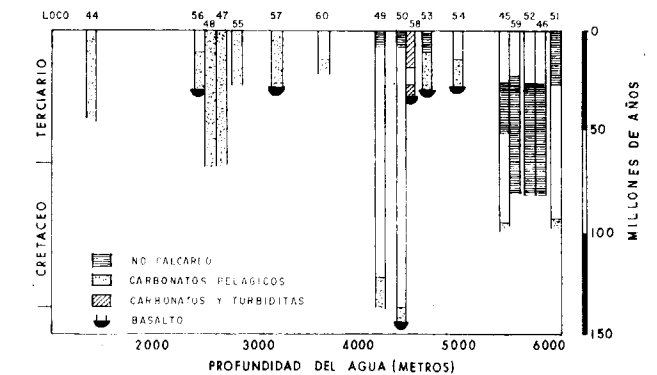


Fig. 3.—Distribución de calizas, según edad y profundidad de agua en el Pacífico NO.

notó pruebas de transporte masivo de carbonatos, así como de otros materiales procedentes de áreas insulares próximas.

De estas diez localidades, situadas ahora bajo aguas de más de 4.000 metros de profundidad, tres puntos suministraron sólo arcilla parda que puede, o no, yacer sobre sedimentos calizos, y cinco puntos dieron ambas cosas. Cuatro de estas localidades muestran una secuencia carbonática, distinta y más baja, y otra superior de arcilla parda; y una (punto 59), suministró trazas de carbonato paleógeno interestratificado entre arcillas pardas más viejas (cretáceas) y más jóvenes, lo que sugiere, o bien una intervención de corrientes turbias o una breve fluctuación oscilante en la profundidad de compensación.

Así es que ninguno de los dos sitios muestra, como parte de su historia, un cambio nítido de situación por debajo o por encima de la superficie de compensación. Sin embargo, hay cuatro puntos que comenzaron por encima y terminaron por debajo de ella, y que registran, al parecer, profundización de la masa de agua suprayacente; de hecho todos ellos podrían haber experimentado tal profundización a lo largo de su historia.

Fenómeno que podría reflejar, o bien una acusada depresión de la profundidad de compensación carbonática, o bien una profundización real del océano por lo que se refiere a la localidad correspondiente. En los puntos 49 y 50, la profundidad de compensación fue traspasada en tiempos del Cretáceo medio; en los puntos 45 y 51 a fines del Cretáceo; y en el 53 en el Mioce-

no o Plioceno. Si hubiera tenido lugar una reacción neta a cambio gradual de la profundidad de compensación en toda la amplitud del océano, se tendría consecuentemente una relación consistente entre las profundidades actuales de agua en las localidades de perforación y la época en que les correspondió descender por debajo de la compensación carbonática. Como no ha sido observada tal cosa debemos llegar a la conclusión de que el principal factor que registran las observaciones ha sido el hundimiento del piso marino con respecto al del nivel del mar. Hundimiento que podría ser atribuido a movimientos laterales del fondo marino, huyendo de las zonas de acrecimiento cortical. No es que eliminemos la posibilidad de fluctuaciones en la profundidad de compensación, pero sí llegamos a la conclusión de que tales cambios desempeñaron un papel de menor categoría, cuyo carácter sólo fué modificador.

El pedernal o sílex es una roca sedimentaria corriente, que se constituye sobre todo en el interior de los sedimentos después de su soterramiento. Su época y modo de formación aparecen rodeados de gran incertidumbre. El principal origen de la alimentación de sílice para la formación del pedernal en los sedimentos marinos reside, probablemente, en los esqueletos opalinos de organismos tales como diatomeas, radiolarios y esponjas. El pedernal ha constituido el obstáculo más serio, como factor aislado e independiente, para la operación de perforación submarina. Las mejores brocas quedan destruidas en menos de un metro de espesor de pedernal, como consecuencia de la carencia del control de peso, inherente a la inestabilidad de la plataforma de perforación, así como a las bajas velocidades de rotación impuestas por una larga sarta no guiada, y sujeta en consecuencia a oscilaciones.

Encontramos sílex bajo dos formas principales: como «pedernales» vítreos en sedimentos gredosos, y como lechos turbios confusos en series de arcilla parda, que contenían corrientemente relictos fósiles o esqueletos de radiolarios.

Un hecho manifiesto es que los esqueletos opalinos y el pedernal se excluían mutuamente. El ópalo de esqueletos era corrientemente abundante en sedimentos que llegaban hasta el Oligoceno, pero raro en lechos más antiguos. Se encontró una traza de pedernal en el Oligoceno del punto 44, donde el Eoceno, a su vez, contiene pedernales masivos que impedían la penetración; donquiera que se encontrasen sedimentos cretáceos y jurásicos, contenían siempre pedernal.

Este esquema de distribución sugiere explicaciones alternativas. El crecimiento de pedernal a expensas de la sílice opalina puede tener lugar en los fondos marinos a un ritmo extraordinariamente lento, posiblemente como consecuencia de la presencia de algún mecanismo retardador integrado (materia orgánica), que mantiene intacto el ópalo durante los primeros 25 millones de años; en cuyo caso los pedernales oligocenos están creciendo en los tiempos actuales y los del Mioceno crecerán en lo futuro. O bien reinaba un ambiente diagenético diferente en los pisos marinos, durante el Mesozoico y el Cenozoico temprano, que permitía que el pedernal se constituyese rápidamente, pero su crecimiento se inhibía a partir del Oligoceno.

Los perfiles sísmicos de reflexión, en el Pacífico abisal, registran, característicamente, una capa superior con escasos horizontes reflectantes internos (9). Esta unidad superior, «transparente», yace generalmente sobre una secuencia o serie, de caras internas de alta reflectividad, apretadamente espaciadas, a las que se hace referencia colectiva con la designación de «capa opaca», que a su vez yace sobre un conjunto más bajo, netamente reflector, aceptado generalmente como representando la costra oceánica. Antes de comenzar la campaña de sondeos se suponía que los delgados lechos de la «capa opaca» eran turbiditas, derivadas quizás de una elevación vecina hipotética, para la que se propuso el nombre Umbral de Darwin (11). Nuestros resultados sugieren que la capa opaca no es una serie clástica, sino una serie alternante de pedernal y fango pelágico. Los únicos materiales clásticos encontrados lo fueron en el área de las Carolinas, recubriendo basaltos neógenos. Así es que el concepto de existencia de un Umbral de Darwin se enfrenta con la probabilidad de caer en descrédito como hipótesis útil de trabajo. La secuencia de capas arriba descrita fue considerada inicialmente como constitutiva de una estratificación en el tiempo (9). Los resultados de los sondeos muestran que la «capa transparente superior», y la «capa opaca», son ampliamente transgresivas y se desplazan desde el Oligoceno, al Sur de las islas Hawai, hasta el Cretáceo medio, al Este de los arcos Marianas-Bonin.

(11) H. W. MENARD, *Marine Geology of the Pacific*. C. Mc-Graw-Hill, New York, 1964.

(12) Contribución de la Scripps Institution of Oceanography; Lamont-Doherty Geological Observatory, contribución 1519.

Recibido: Enero 1971.

Génesis de la mina «María Luisa», La Nava (Huelva, España). Una mineralización zonada (*)

por F. VAZQUEZ GUZMAN (**)

RESUMEN

Se estudia la génesis de la mineralización. A una paragénesis mineral singenética se superpone otra epigenética con una marcada zonación.

RÉSUMÉ

On étudie la genèse de la minéralisation. Une paragenèse epigénétique, avec une remarquable zonation, est superposée a une première d'origine singénétique.

INTRODUCCIÓN

La mina «María Luisa» se encuentra en el extremo norte de la provincia de Huelva, cercana a la localidad de La Nava, dentro de la Hoja número 917, Aracena, a escala 1:50.000, del Instituto Geográfico y Catastral.

El acceso puede hacerse por la carretera nacional de San Juan del Puerto a Cáceres hasta el kilómetro 103-104, o bien por la de Sevilla a Lisboa, hasta su encuentro con la anterior, siguiendo posteriormente por ésta en dirección a Badajoz.

La mina ha sido laboreada como mina de pirita rica en cobre desde principios de siglo hasta nuestros días, con amplios periodos de abandono. En la actualidad la explotación se dirige a la obtención de concentrados de cobre con un contenido variable en oro y plata, habiéndose programado la recuperación de cinc.

(*) Trabajo realizado dentro del estudio metalogénico de la reserva de hierros del SO. que dirige el IGME.

(**) División de Minería, IGME, Profesor adjunto de la Cátedra de Metalogenia de la E. T. S. de Ingenieros de Minas de Madrid.

GÉNESIS, PARAGÉNESIS MINERAL Y ZONACIÓN

El control estratigráfico o estructural que presentan los depósitos minerales de una zona es cuestión fundamental a determinar para su investigación y, en muchos casos, el verdadero interés minero de la misma viene condicionado por las características geológico-estructurales que controlan la posible existencia de nuevos criaderos. Es evidente que, en el estado actual de la técnica y de la economía, la explotación económica de un criadero no presenta idéntica rentabilidad en el caso de un depósito epigenético filoniano, en el que no pueda utilizarse maquinaria de gran volumen extractivo y cuyo laboreo requiera abundante mano de obra, que en el caso de un depósito singenético sedimentario o masivo donde la explotación a cielo abierto, el empleo de gran maquinaria y la posibilidad de apertura de extensos y amplios frentes tiene indudables ventajas de economía. Además, las mineralizaciones filonianas suelen ser esporádicas y escasas frente a las sedimentarias que suelen tener gran extensión y aparecer repetidas veces, ya que generalmente se encuentran plegadas.

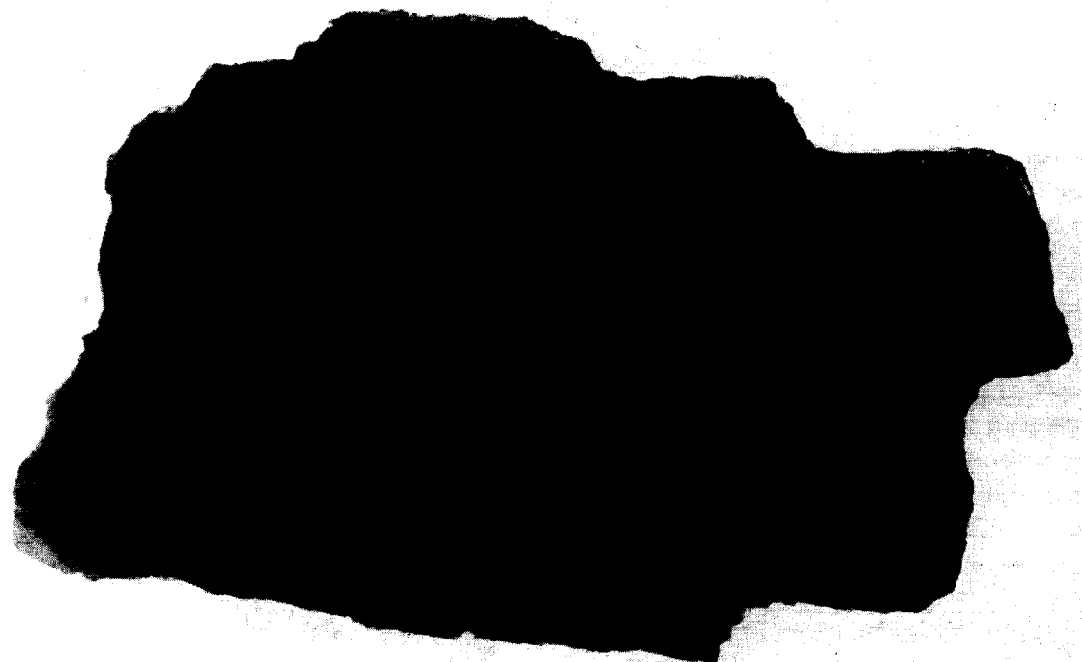
Este ha sido el principal criterio orientador del presente estudio, es decir, la determinación de la

génesis de la mina «María Luisa» para, en función de ella, decidir sobre el interés minero de la zona y los trabajos de prospección necesarios en la misma.

El criadero ha sido considerado como de segregación magnética por Jordana Soler, en tanto que Ponte y Pinedo Vara (5) estiman que se trata de un criadero «de naturaleza diferente a los piríticos normales de la provincia de Huelva».

minerales, cuya presencia era desconocida hasta el presente, que pueden permitir la investigación del criadero por medio de métodos geofísicos rápidos y de escaso coste. En este sentido, la existencia de magnetita y pirrotina será de excepcional importancia si están presentes en cantidad suficiente como para que puedan ser detectadas por métodos magnetométricos.

La mineralización singenética está constituida



Muestra de mano en la que se aprecia un claro fajeado de la mineralización. $\times 1,3$.

En las explotaciones mineras puede observarse una clara estratificación de la mineralización, fundamentalmente a techo de las labores, que nos hubiera hecho considerar a todo el criadero como sedimentario de no mediar el estudio realizado (fotografía de muestra a mano). En efecto, a escala microscópica se observa una metalización claramente singenética, asociada a niveles de esquistos cuarzo-muscovíticos, y otra, epigenética, en relación posiblemente con el asomo granítico de La Nava.

Por otra parte, el estudio metalogénico ha permitido determinar la existencia de diversos

fundamentalmente por pirita I (py I), con una clara orientación, y por blenda acaramelada (sl I) que se presenta masivamente. Esta pirita I ha pasado casi en su totalidad a arsenopirita I (apy I) y marcasita, cuyos colores verdes de anisotropismo la hacen fácilmente identificable (fotomicrografía 1).

Se trata de una paragénesis que unas veces ha sido deformada durante la diagénesis y otras removilizada e inyectada en fracturas (fotomicrografías 2 y 3).

A muro de la anterior mineralización, coinci-



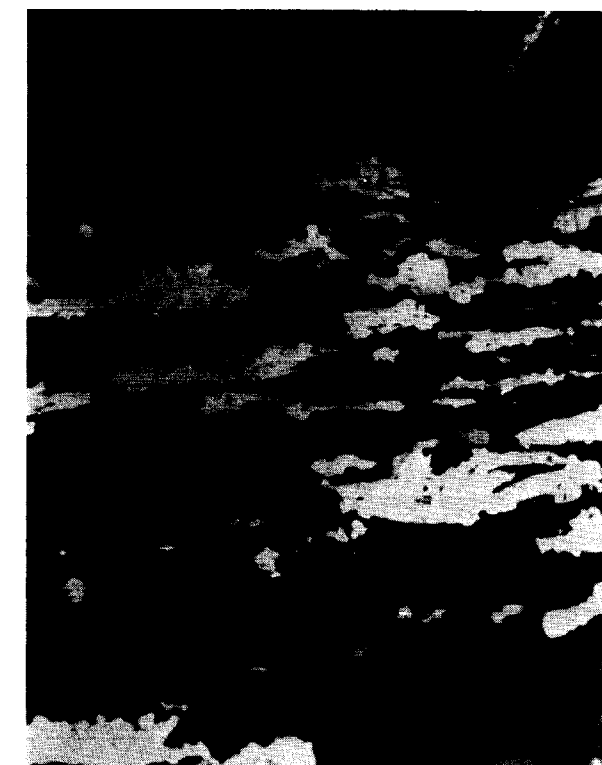
Fotomic. 1.—T-3128. Mineralización singenética (py I-sl I) en esquistos cuarzo-muscovíticos. Nícoles paralelos, $\times 16$.



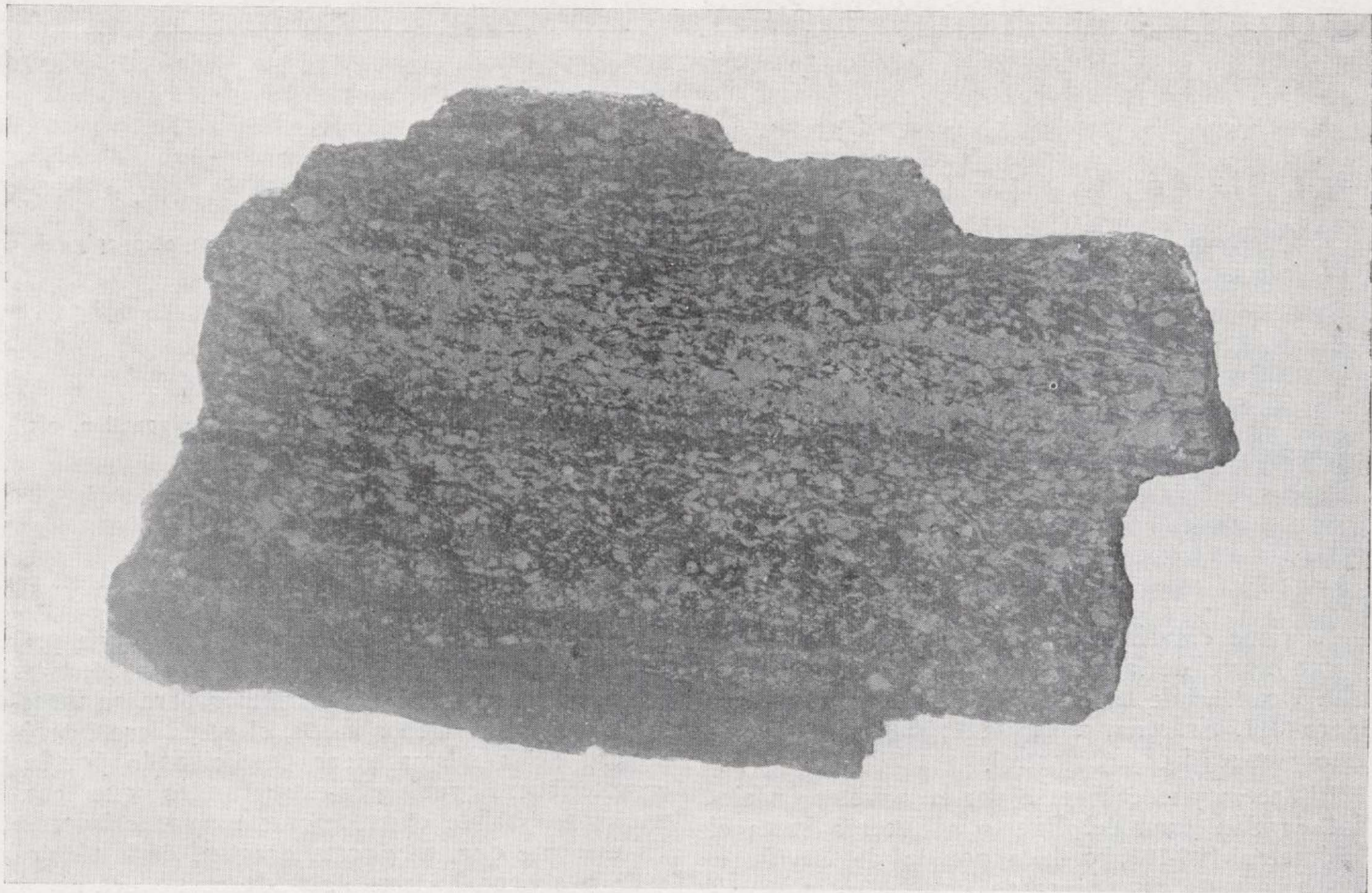
Fotomic. 3.—T-3127. Blenda acaramelada singenética plegada y removilizada por fracturas. Nícoles paralelos, $\times 16$.



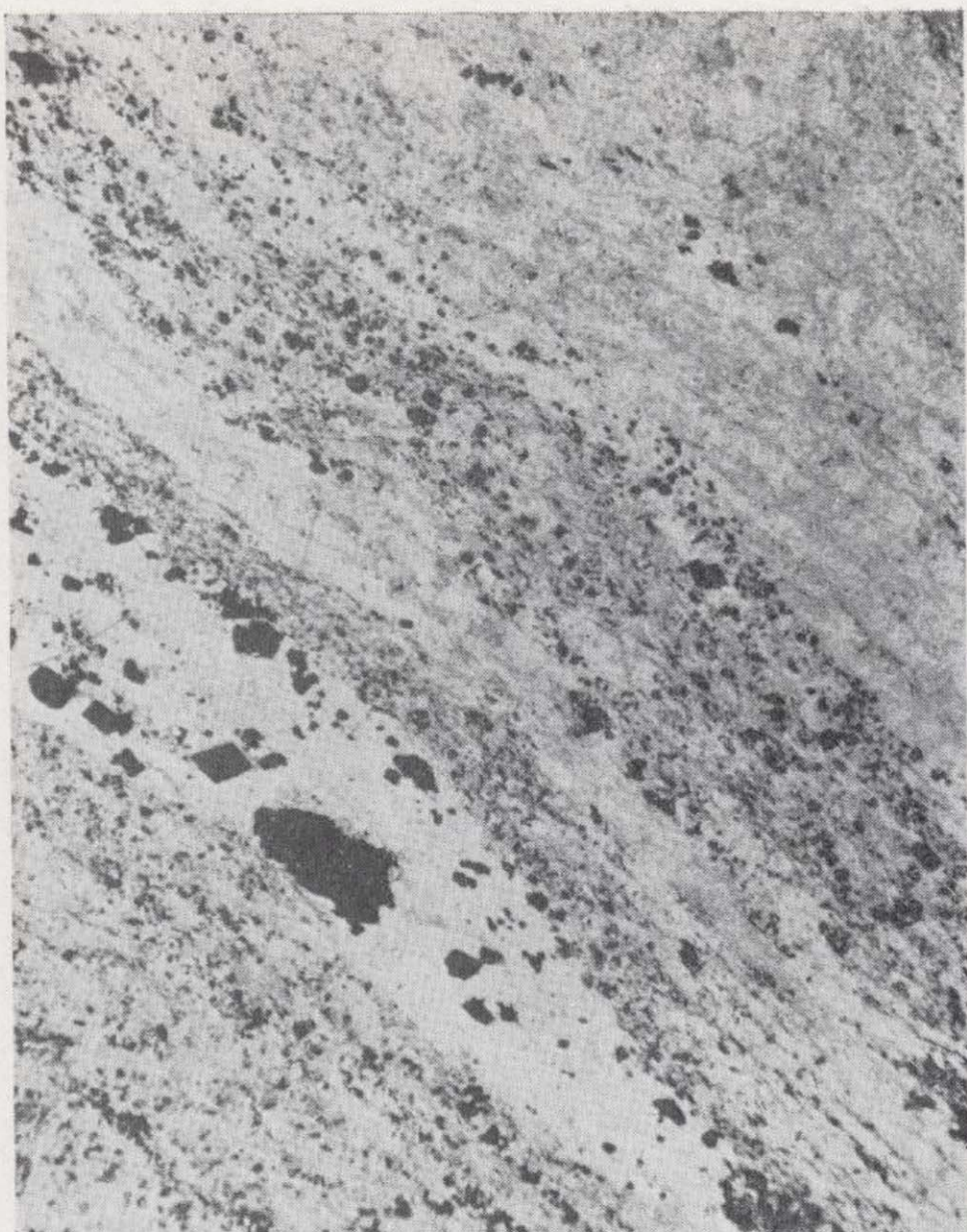
Fotomic. 2.—P-1313. Pirita I singenética, deformada posiblemente durante el proceso de diagénesis, y pirita II hidrotermal. Probeta pulida, $\times 180$.



Fotomic. 4.—P-1332. Magnetita I con una neta orientación. Probeta pulida, $\times 300$.



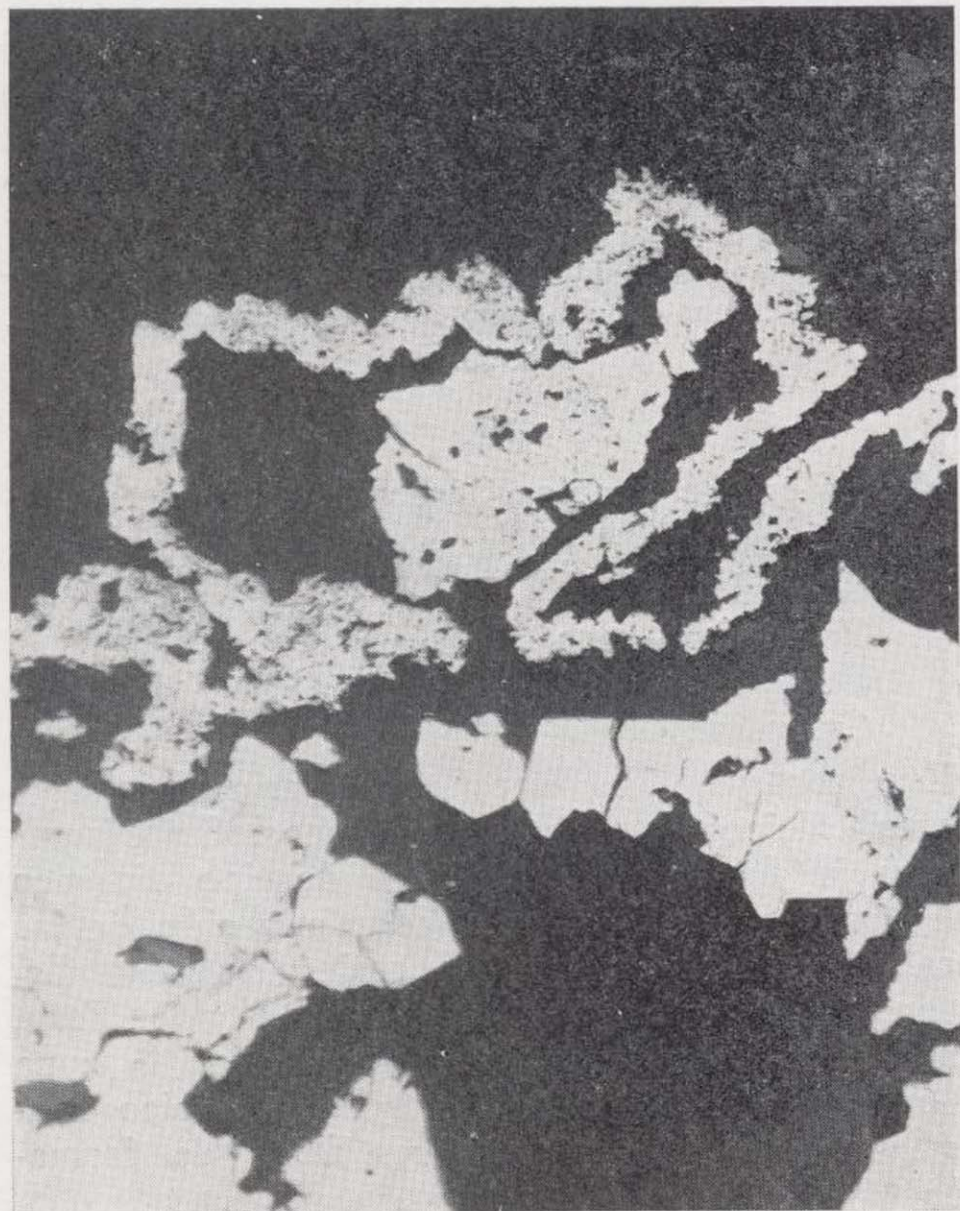
Muestra de mano en la que se aprecia un claro fajeado de la mineralización. $\times 1,3$.



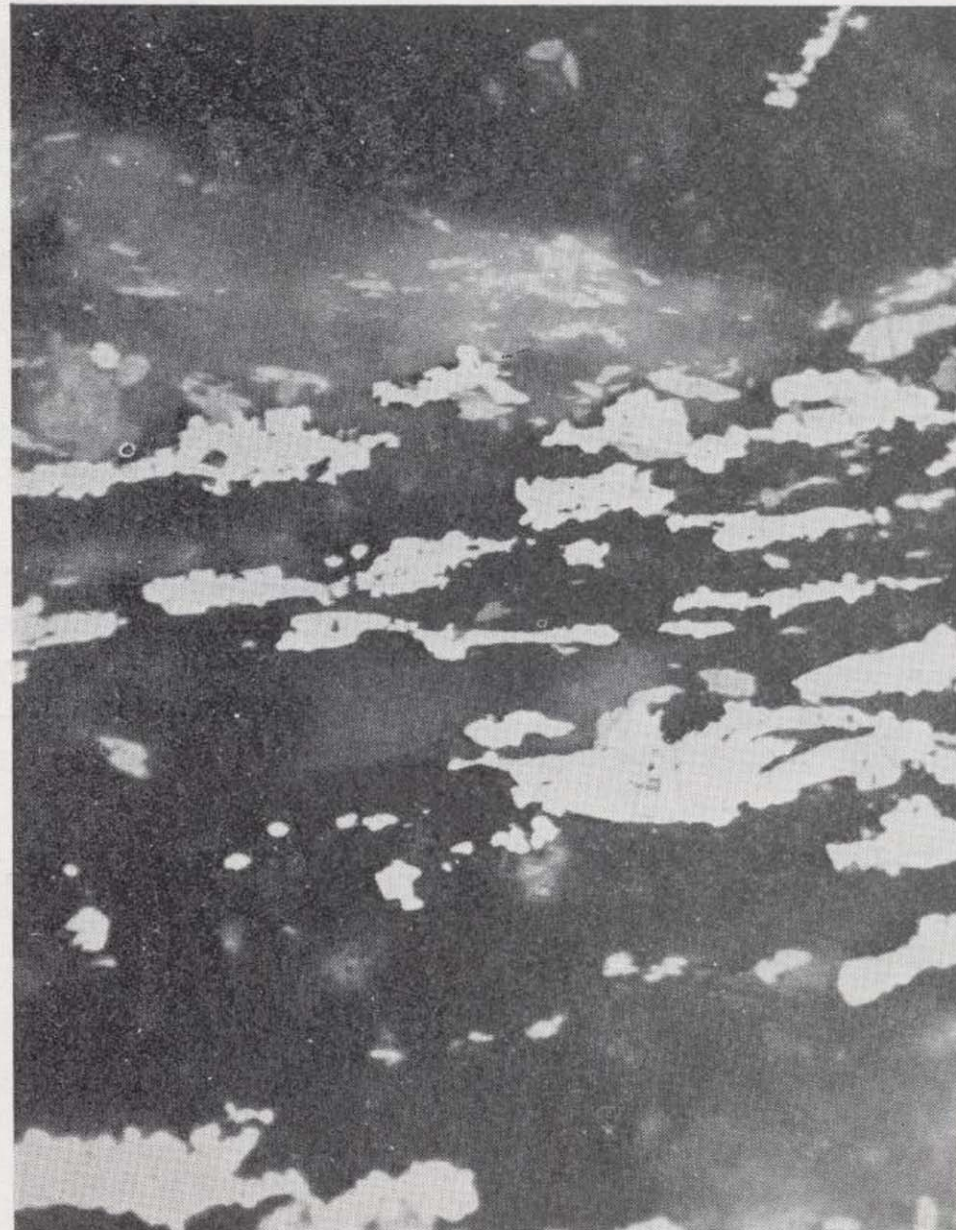
Fotomic. 1.—T-3128. Mineralización singenética (py I-sl I) en esquistos cuarzo-muscovíticos. Nícoles paralelos, $\times 16$.



Fotomic. 3.—T-3127. Blenda acaramelada singenética plegada y removilizada por fracturas. Nícoles paralelos, $\times 16$.



Fotomic. 2.—P-1313. Pirita I singenética, deformada posiblemente durante el proceso de diagénesis, y pirita II hidrotermal. Probeta pulida, $\times 180$.



Fotomic. 4.—P-1332. Magnetita I con una neta orientación. Probeta pulida, $\times 300$.

diendo con el muro de la explotación, existen lechos de magnetita I (mt I) singenética que presenta una clara orientación y que, en ocasiones, aparece plegada (fotomicrografías 4 y 5).

No creemos se trate de una mineralización aná-



Fotomic. 5.—T-3280. Magnetita I singenética plegada. Probeta pulida, x 90.

loga a la citada por J. J. Guillou (2) en la parte norte del anticlinal de Fuenteheridos, dado el diferente contexto geológico en que se presenta.

No hemos podido determinar la existencia cierta de calcopirita y galena singenéticas, aunque ciertas relaciones con los minerales anteriores y su ubicación, al menos parte de ella, en los esquistos cuarzo-muscovíticos hablan en favor de ello.

Para la mineralización epigenética puede establecerse:

Minerales ascendentes:

- Magnetita II (mt II).
- Pirrotina I (po I).
- Arsenopirita II (apy II).
- Pirita II (py II).
- Blenda II (sl II).
- Calcopirita (cp. I y cp II).

- Cubanita.
- Bornita I (bn I).
- Galena.
- Pirrotina II (po II).
- Tetrahedrita.



Fotomic. 6.—T-3277. Cristal de labrador en proceso de sausriritización en una diorita muy alterada. Nícoles cruzados, x 90.

Minerales secundarios descendentes:

- Hematites.
- Limonita.
- Cuprita
- Bornita II (bn II).
- Calcosina.

Esta paragénesis mineral encaja en rocas de silicatos cálcicos y esquistos micáceos. Su génesis parece ir ligada a intrusiones de tipo diorítico que invaden y originan la contaminación de las rocas sedimentarias por minerales de metamorfismo de contacto (fotomicrografías 6 y 7). Esto, junto con la existencia de dolomías en la zona de explotación, habla en favor de un típico criadero de «skarn» con sus tres fases de formación (4).

1.^a) Fase silicatada, con formación de silica-



Fotomic. 7.—T-3132. Esquisto cuarzo-sericítico (ángulo superior derecho) invadido por cristales de actinolita-tremolita (ángulo inferior izquierdo). Nícoles cruzados, x 36.

tos cálcicos no aluminosos, representada por los «skarn» de diopsido, rocas de tremolita-actinolita y de epidota.

2.^a) Fase ferrífera, con aparición de magnetita que engloba y sustituye parcialmente a los silicatos.

3.^a) Fase sulfurada, con desarrollo de sulfuros de alta y baja temperatura, típicos de paragénesis hidrotermales.

Esta formación del criadero en tres fases origina una clara zonación del mismo, de muro a techo, existiendo una íntima relación entre determinados minerales indicadores y los metálicos, según temperatura y orden de formación.

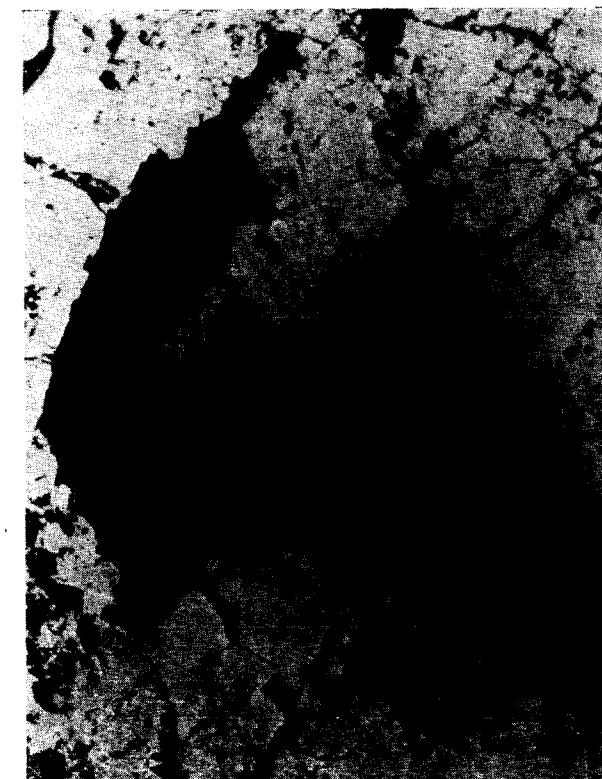
A muro del criadero se presenta la magnetita II (mt II), granular, con buen tamaño de grano, a diferencia de la sedimentaria (mt I) que lo tiene muy pequeño, y a veces cataclástica; tiene color gris y es isótropa. El que encierre poiquilíticamente y sustituya a los silicatos y sea zonada, aun sin atacar, indica la posetrioridad de magnetita II respecto a ellos y habla en favor de una génesis pneumatolítica (fotomicrografías 8 y 9).

El hecho de que no contenga TiO_2 en forma de ilmenita desmezclada en los planos de cruce-ro (111) de magnetita II establece un límite superior para la temperatura de formación de unos 600-700°C (7); se trata, en consecuencia, de una magnetita postmagmática. Por otra parte, al no haber hematites ascendente, hay que suponer que la magnetita II se ha formado por encima de los 400°C, temperatura a la que la presión de oxígeno es lo suficientemente baja para no originar la oxidación de magnetita (3).

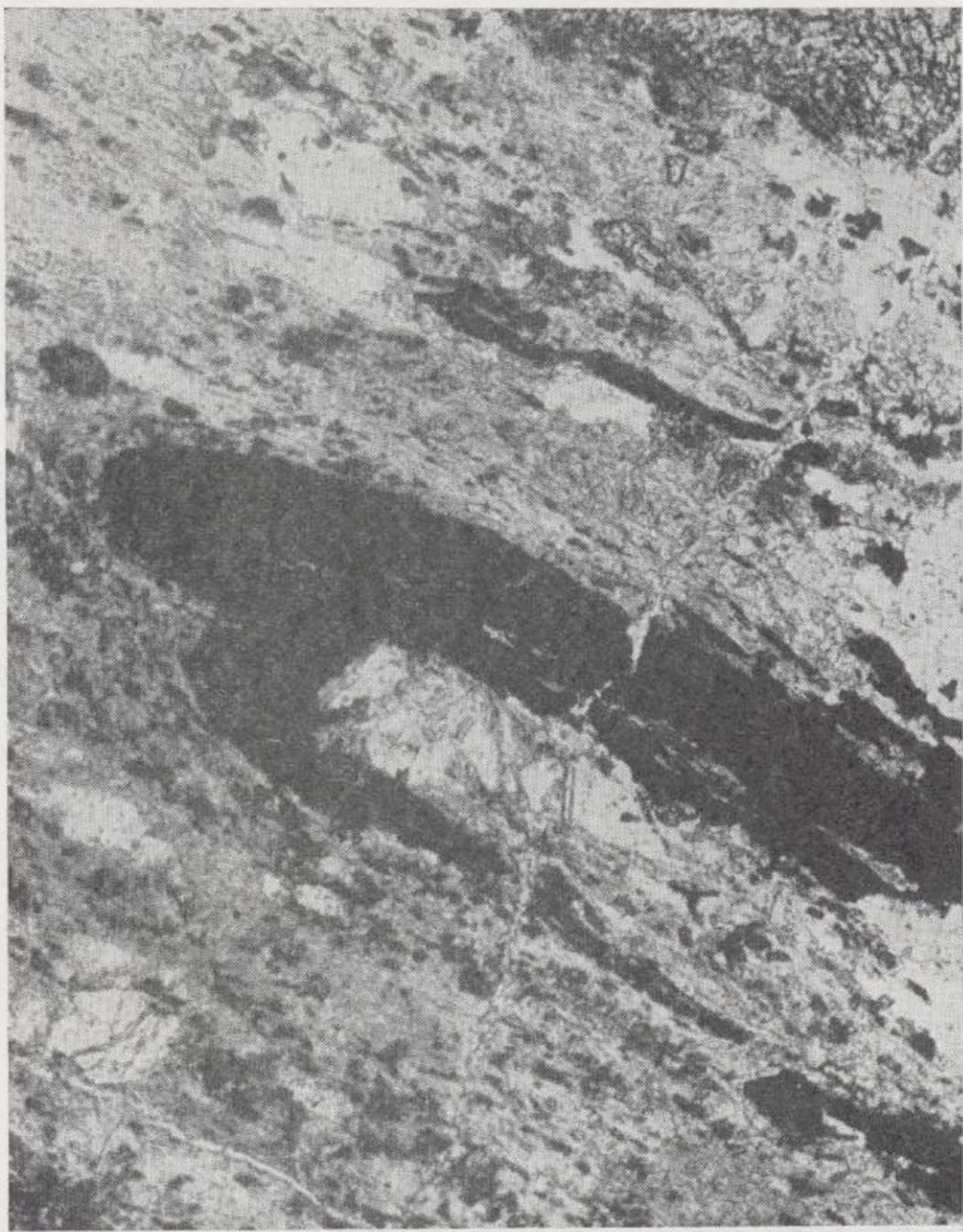
En estrecha relación espacial con magnetita II y epidota, existe pirrotina I de formación claramente posterior (fotomicrografía 10). Por su color pardo, pleocroísmo, anisotropismo, maclas y magnetismo, es fácilmente identificable. Se presenta masivamente a diferencia de pirrotina II, que lo hace en pequeñas gotitas dispersas dentro de la calcopirita de más baja temperatura.

La epidota es claramente posterior al diopsido, al que sustituye, originando una casi completa epidotización de las rocas.

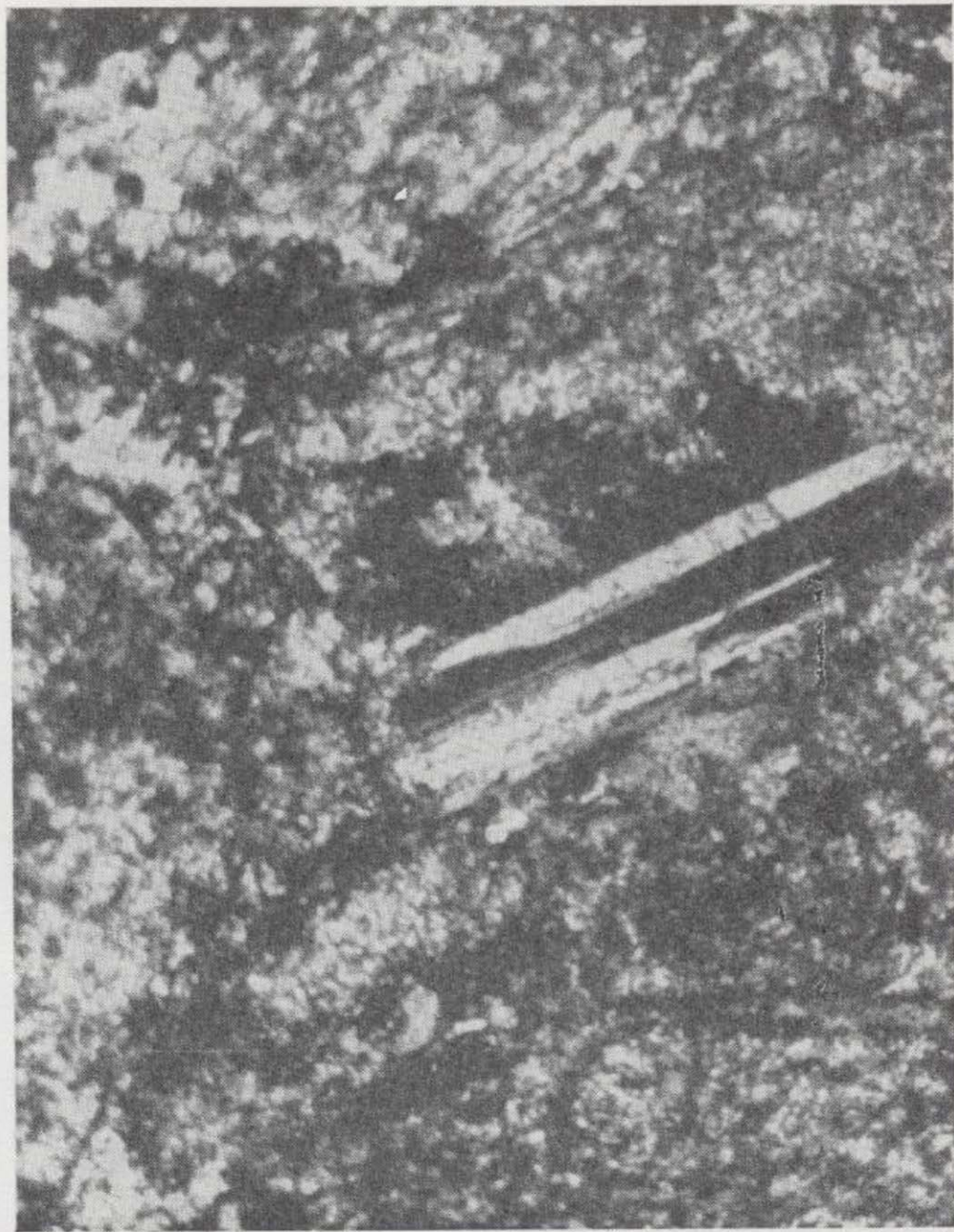
Magnetita II y pirrotina I pueden considerarse



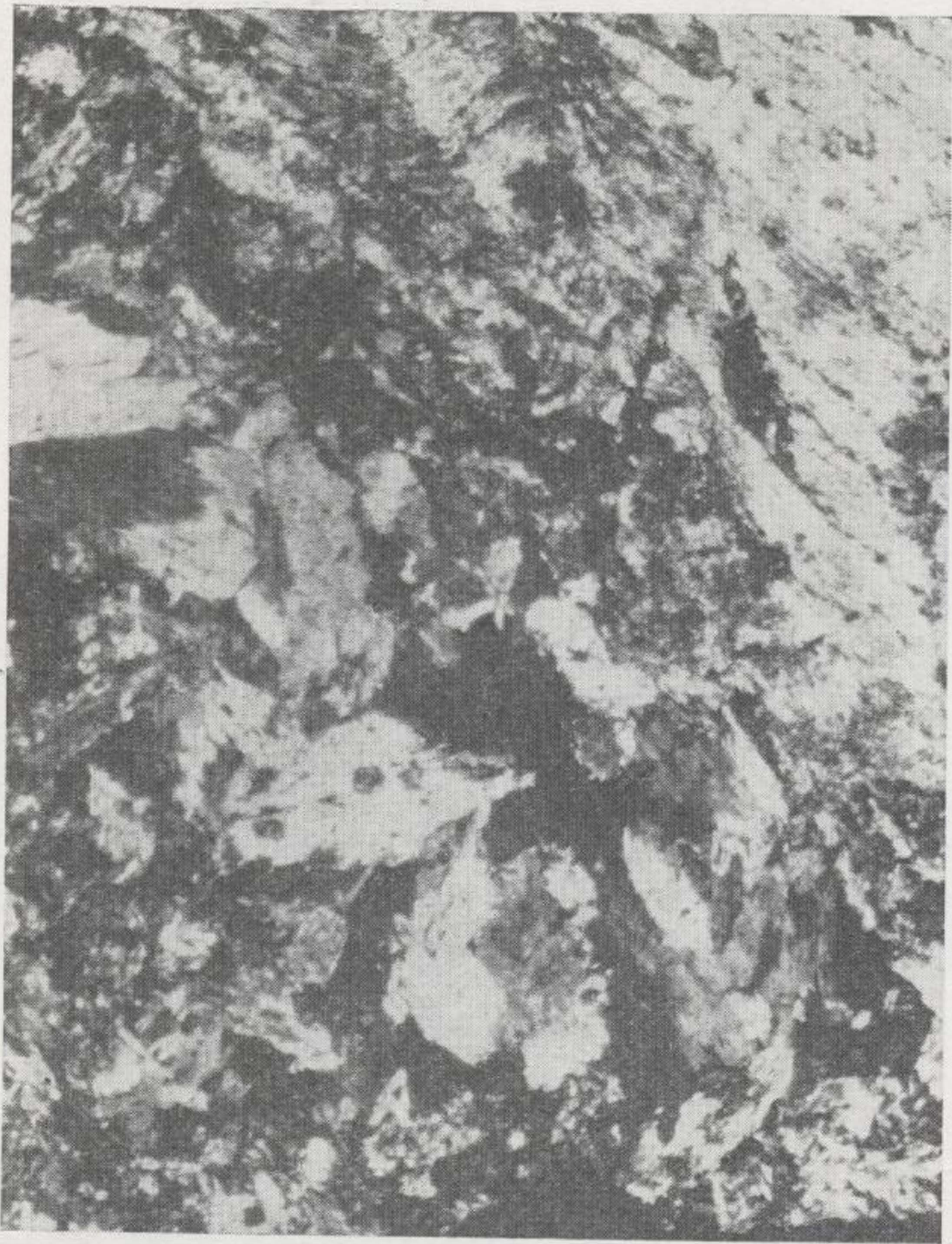
Fotomic. 8.—P-1333. Magnetita pneumatolítica, con buen tamaño de grano y fracturada. Se observa una cierta zonación aun sin atacar. Probeta pulida, x 70.



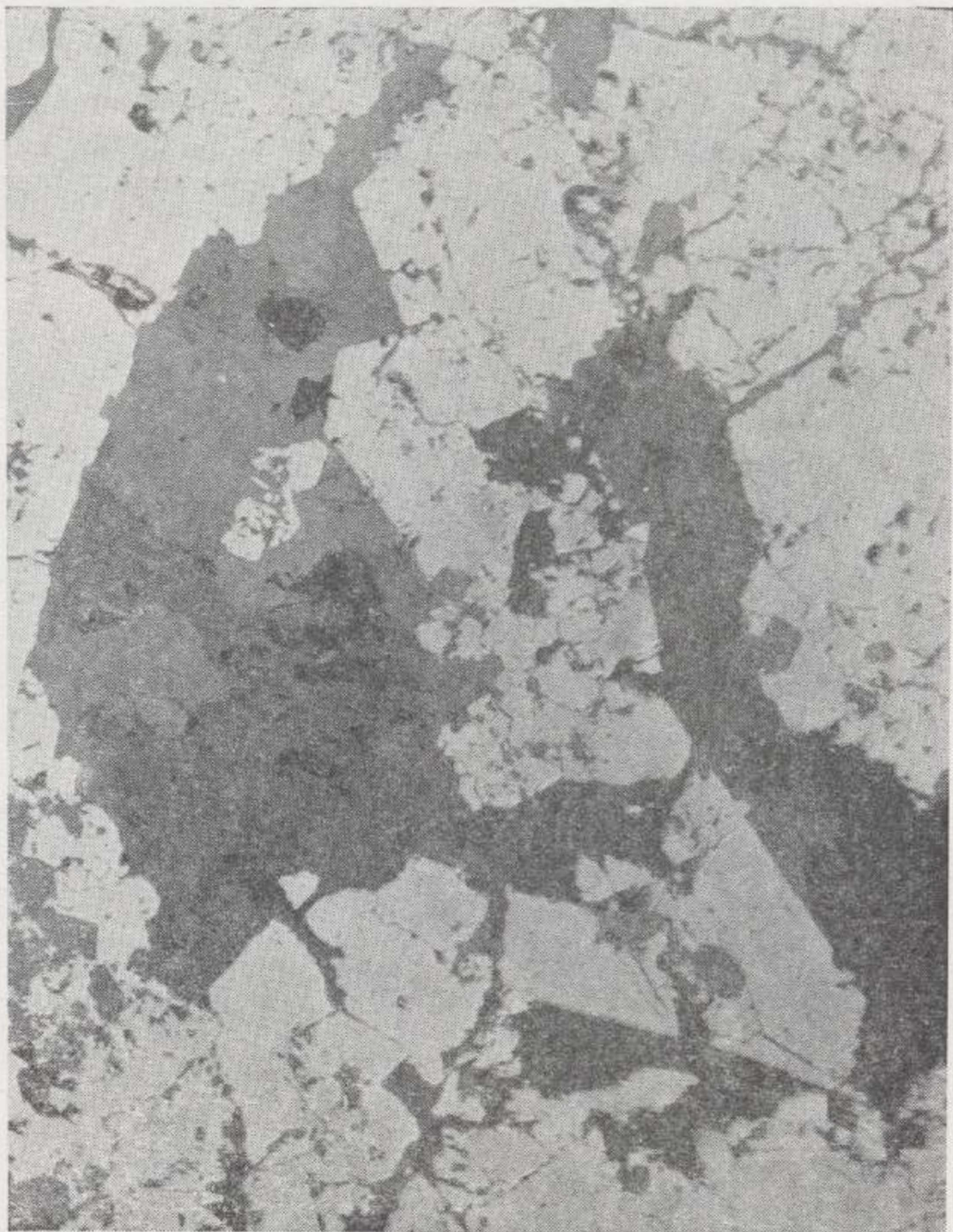
Fotomic. 5.—T-3280. Magnetita I singenética plegada. Probeta pulida, $\times 90$.



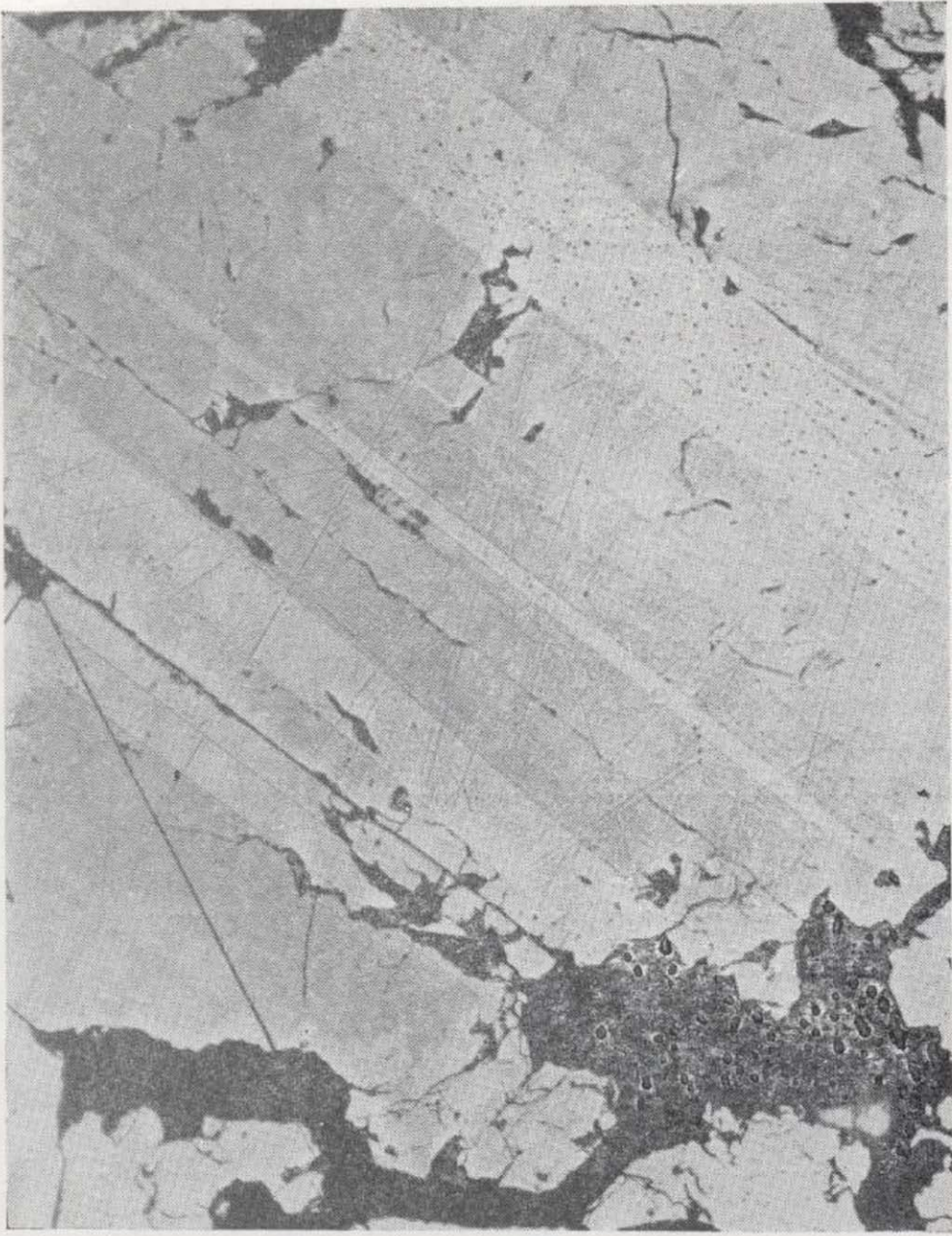
Fotomic. 6.—T-3277. Cristal de labrador en proceso de saussuritización en una diorita muy alterada. Nícoles cruzados, $\times 90$.



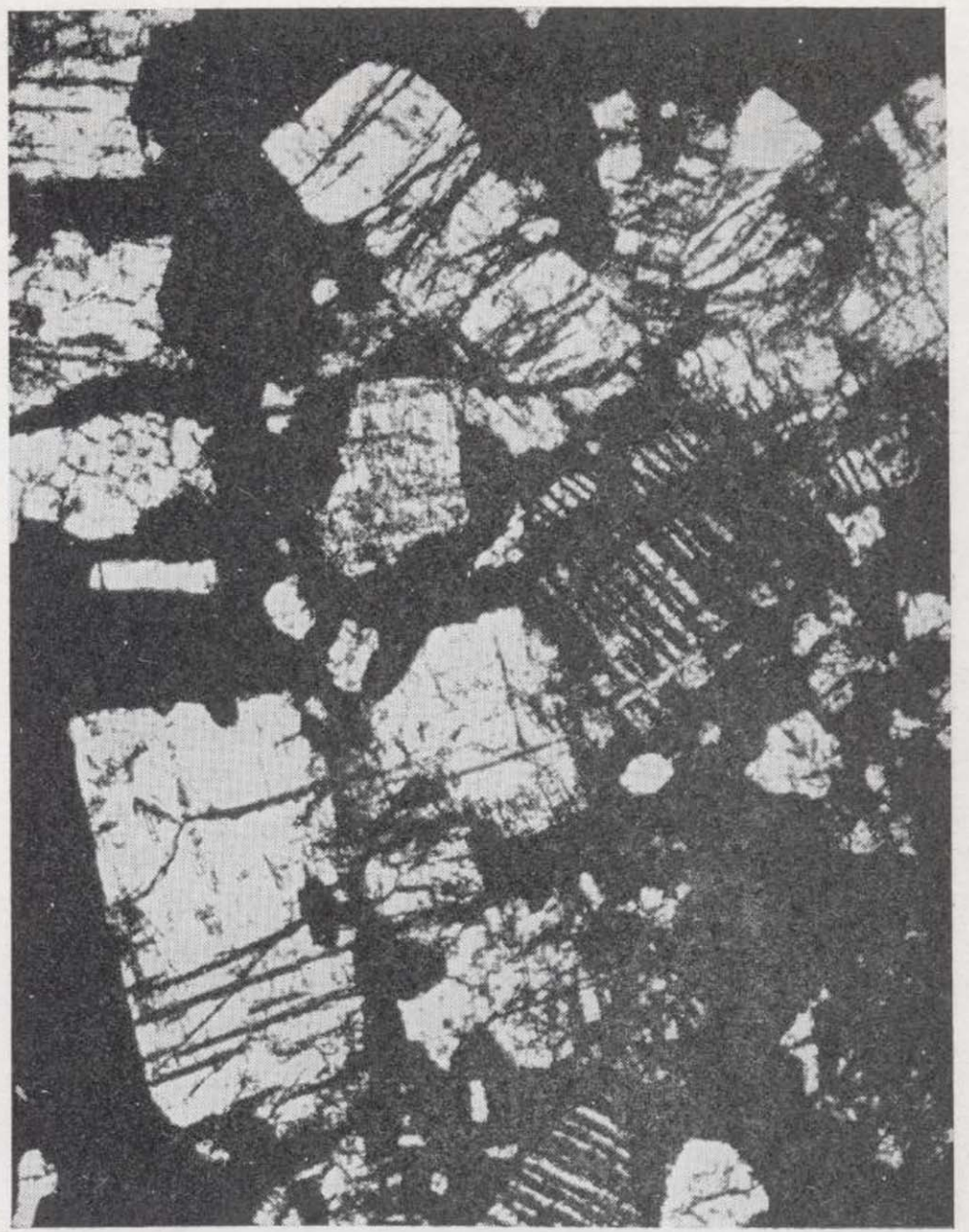
Fotomic. 7.—T-3132. Esquisto cuarzo-sericítico (ángulo superior derecho) invadido por cristales de actinolita-tremolita (ángulo inferior izquierdo). Nícoles cruzados, $\times 36$.



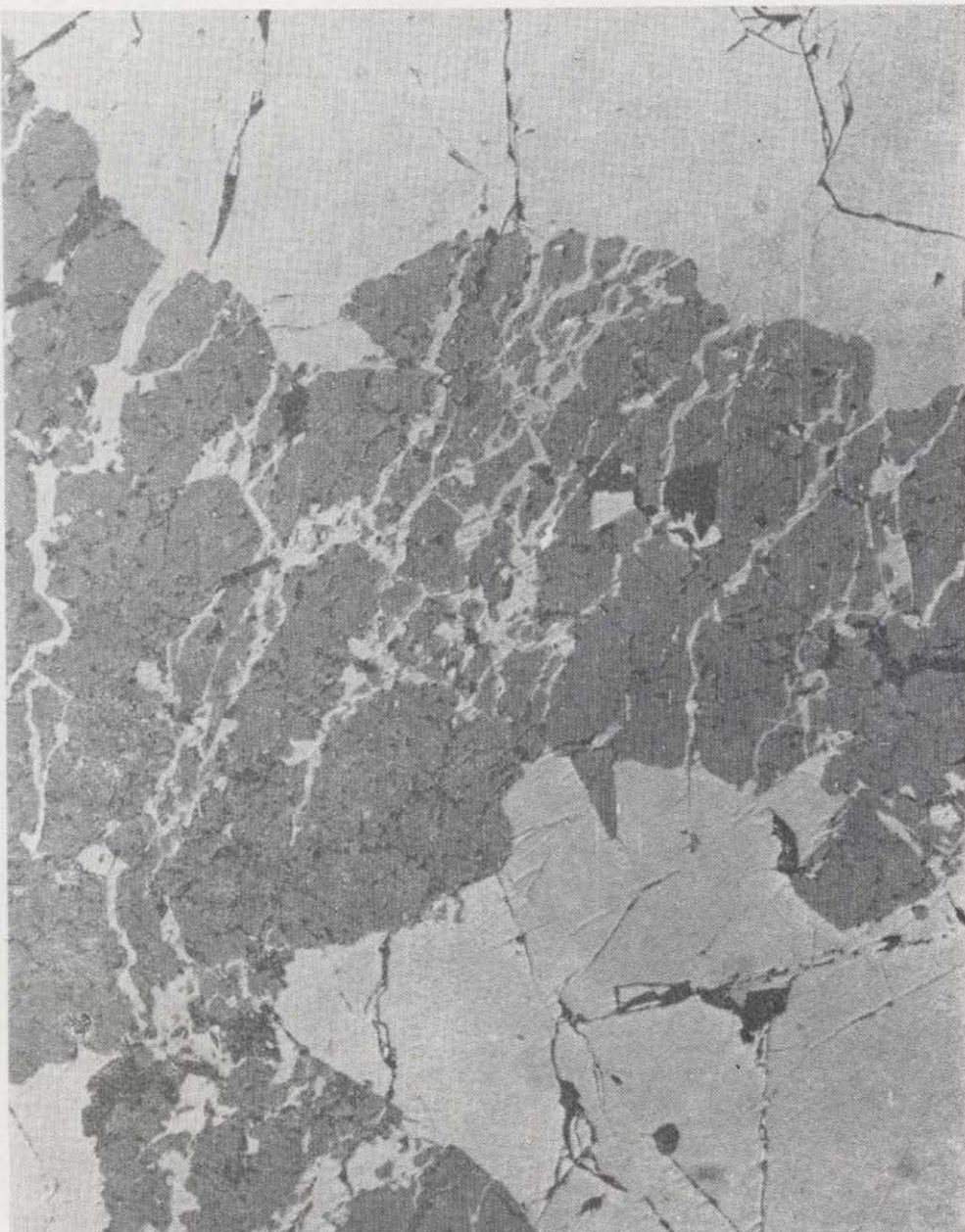
Fotomic. 8.—P-1333. Magnetita pneumatólica, con buen tamaño de grano y fracturada. Se observa una cierta zonación aun sin atacar. Probeta pulida, $\times 70$.



Fotomic. 9.—P-1333. Magnetita zonada. Ataque con CIH durante cuatro minutos. Probeta pulida, $\times 300$.



Fotomic. 11.—T-3130. Magnetita II y pirrotina I posteriores a diópsido al que corroen. Nícoles paralelos, $\times 90$.



Fotomic. 10.—P-1315. Magnetita II con fracturas que son rellenas por pirrotina I, de buen tamaño de grano y posterior, Probeta pulida, $\times 70$.



Fotomic. 12.—T-3128. Típicos cristales idiomorfos de arsenopirita II. Nícoles paralelos, $\times 16$.



Fotomic. 9.—P-1333. Magnetita zonada. Ataque con CIH durante cuatro minutos. Probeta pulida, $\times 300$.



Fotomic. 11.—T-3130. Magnetita II y pirrotina I posteriores a diópsido al que corroen. Nícoles paralelos, $\times 90$.



Fotomic. 10.—P-1315. Magnetita II con fracturas que son rellenadas por pirrotina I, de buen tamaño de grano y posterior, Probeta pulida, $\times 70$.



Fotomic. 12.—T-3128. Típicos cristales idiomorfos de arsenopirita II. Nícoles paralelos, $\times 16$.

asociadas al diópsido y la epidota, aunque posteriores (fotomicrografía 11).

De formación más tardía es una arsenopirita (apy II) bien formada, con buen tamaño de grano, textura poiquilítica y colores de anisotropismo muy apagados, típicos de las arsenopiritas con oro en su red. Es posterior a actinolita-tremolita, a los que engloba en su crecimiento, y se encuentra en íntima relación espacial con ellos (fotomicrografías 12 y 13). En ocasiones, tam-

tomicrografía 15). Teniendo en cuenta que la temperatura superior de estabilidad de la actinolita es de 437°C a 500 bars y 506°C a 200 bars (1), puede suponerse que se ha formado a partir de disoluciones deutéricas, ya que no es estable a temperaturas magmáticas. Lo mismo cabe suponer de biotita, que parece simultánea o posterior a actinolita.

También asociada a actinolita y biotita, pero en mucho menor grado y cantidad, se encuentra



Fotomic. 13.—P-1302. Textura poiquilítica de arsenopirita II que engloba cristales alargados, según el eje c , de actinolita-tremolita. Probeta pulida, $\times 70$.



Fotomic. 14.—T-3132. Carbonatos y secciones de biotita, mostrando un marcado pleocroísmo, en asociación con opacos. Nícoles paralelos, $\times 90$.

bién va asociada a biotita y carbonatos, posteriores, junto con los anfíboles citados (fotomicrografía 14).

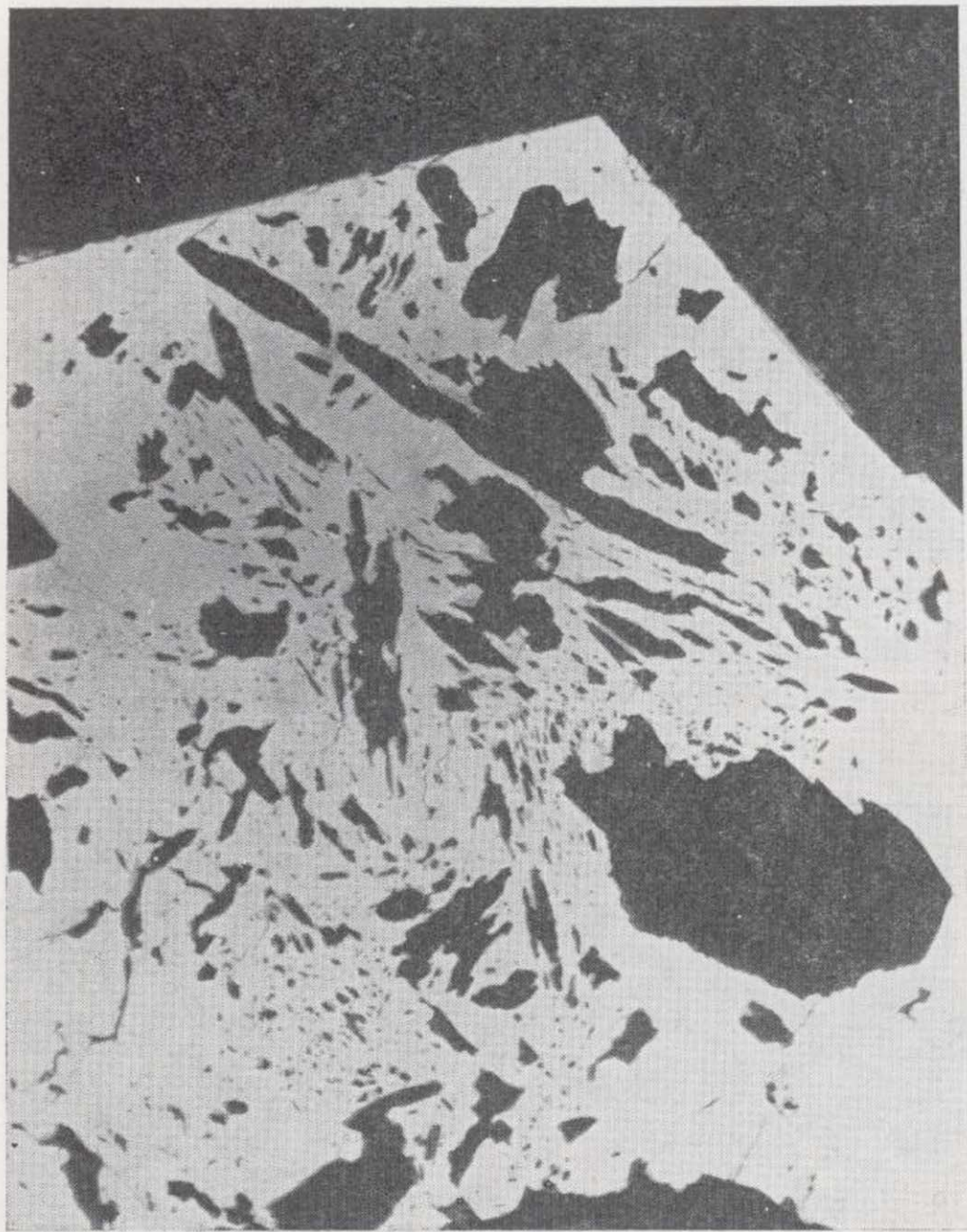
Es de señalar la ausencia total de magnetita II y pirrotina I en unos casos, o la casi desaparición en otros, cuando actinolita-tremolita están presentes, lo cual parece ir ligado a un cambio de temperatura y de composición de los fluidos o disoluciones mineralizadoras.

La actinolita se presenta en secciones fibrosas, a veces en gavillas, con predominio del eje c , y con marcado pleocroísmo en tonos verdosos (fo-

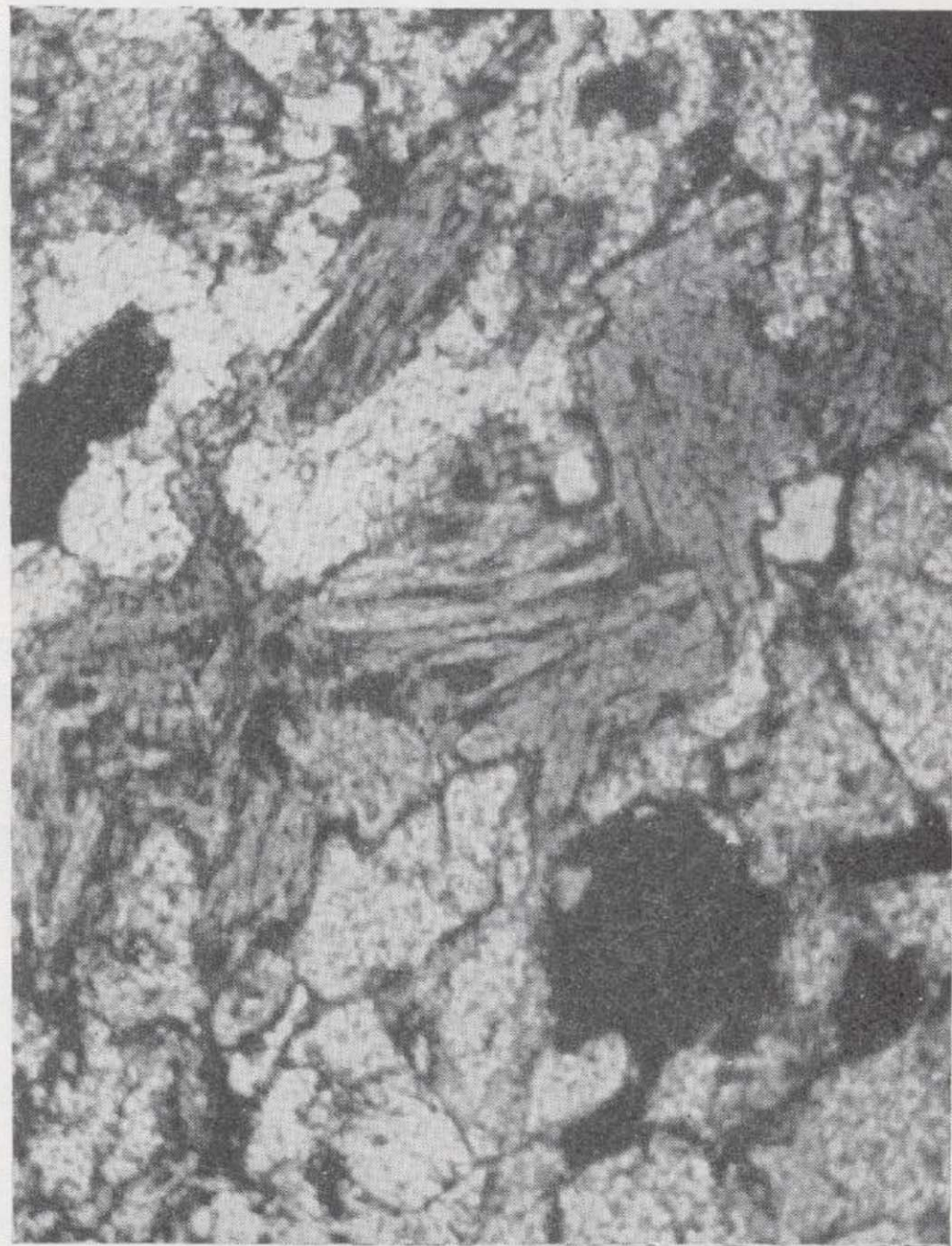
pirita II, que fundamentalmente está ligada genéticamente a clorita y muscovita. Se diferencia claramente de la pirita singenética por su idiomorfismo y buen tamaño de grano. Es sustituida parcialmente por blenda II (sl II), calcopirita II y galena, que son posteriores (fotomicrografía 16).

Dentro de pirita II aparecen inclusiones de calcopirita I de forma subcircular, muy escasa, a manera de gotitas de emulsión, por lo que suponemos que son simultáneas.

En esta calcopirita I aparece desmezclada cuba-



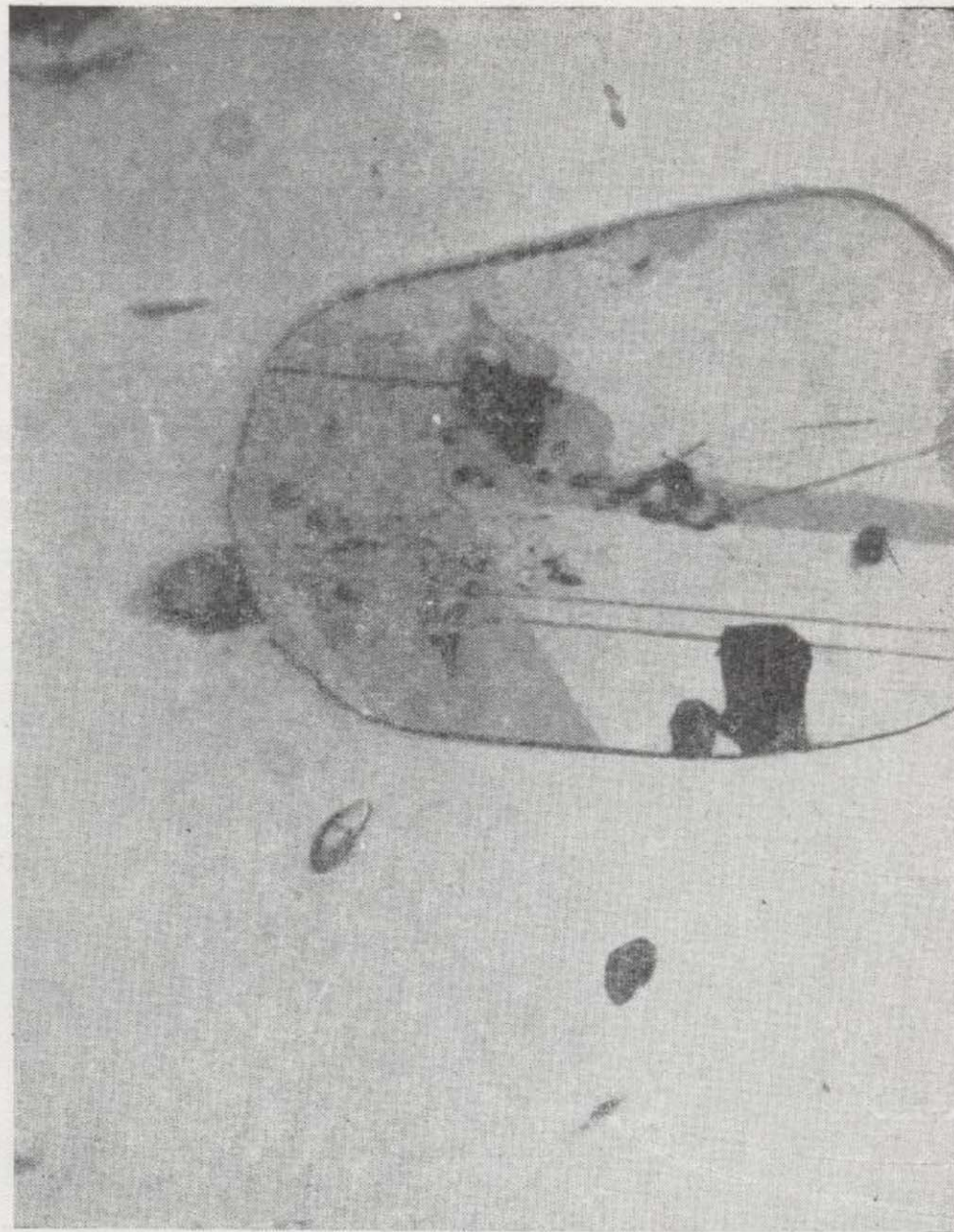
Fotomic. 13.—P-1302. Textura poiquilítica de arsenopirita II que engloba cristales alargados, según el eje c , de actinolita-tremolita. Probeta pulida, $\times 70$.



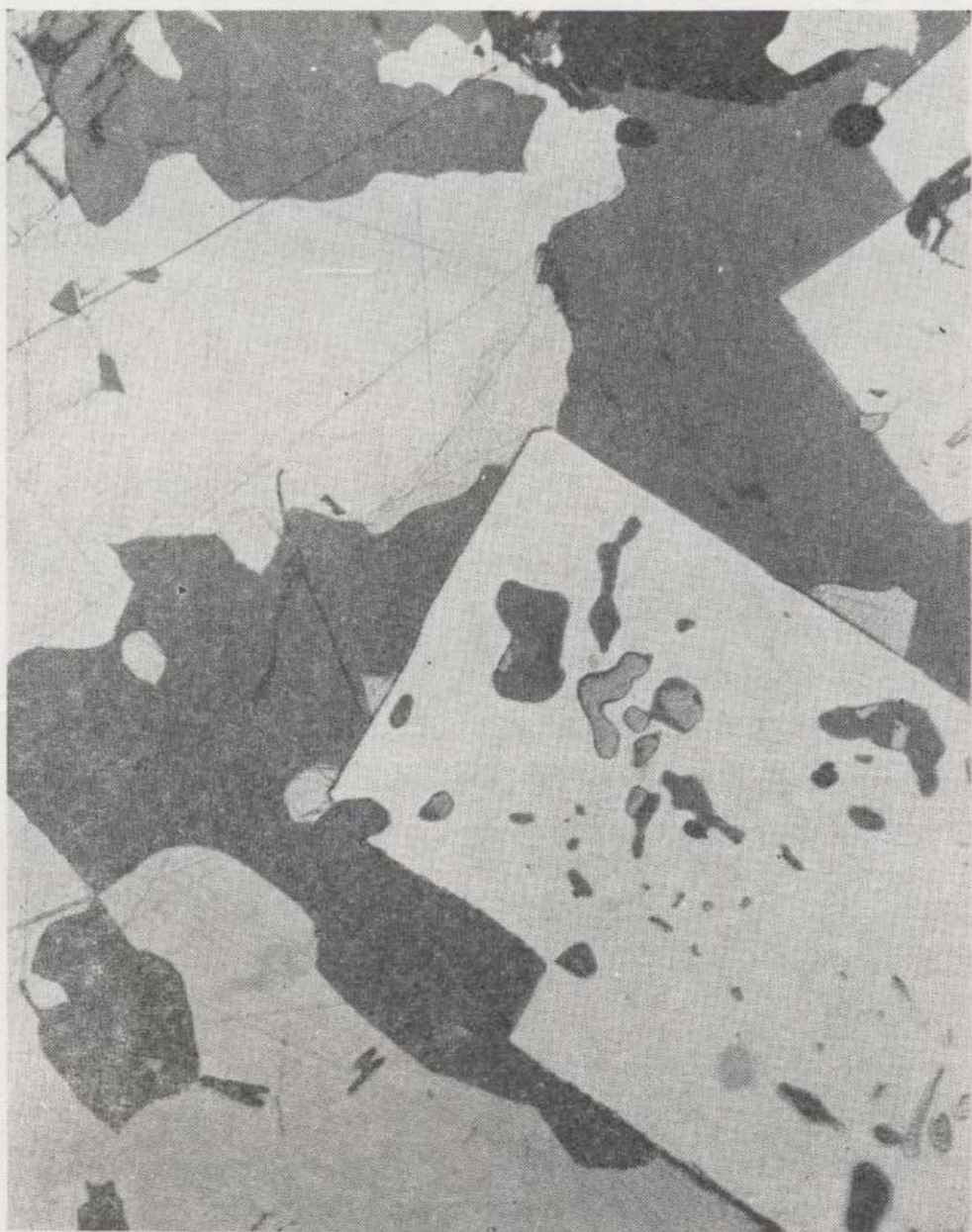
Fotomic. 14.—T-3132. Carbonatos y secciones de biotita, mostrando un marcado pleocroísmo, en asociación con opacos. Nícoles paralelos, $\times 90$.



Fotomic. 15.—T-3278. Cristales de actinolita, muy pleocroica, englobando secciones de epidota a la que sustituyen parcialmente. Nícoles paralelos, $\times 90$.



Fotomic. 17.—P-1307. Cubanita desmezclada en calcopirita I según (111). Probeta pulida, $\times 1.200$.



Fotomic. 16.—P-1312. Pirita II, idiomorfa y parcialmente corroída, junto con blenda II, calcopirita II y galena, alotriomorfas. Probeta pulido, $\times 180$.



Fotomic. 18.—P-1307. Fractura rellena por calcopirita II y blenda II. Probeta pulida, $\times 180$.



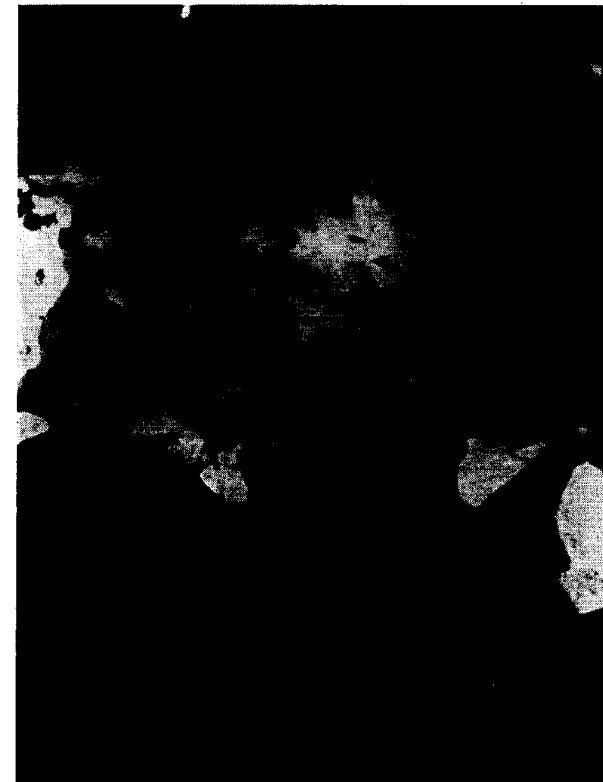
Fotomic. 15.—T-3278. Cristales de actinolita, muy pleocroica, englobando secciones de epidota a la que sustituyen parcialmente. Nicoles paralelos, $\times 90$.



Fotomic. 17.—P-1307. Cubanita desmezclada en calcopirita I según (111). Probeta pulida, $\times 1.200$.



Fotomic. 16.—P-1312. Pirita II, idiomorfa y parcialmente corroída, junto con blenda II, calcopirita II y galena, alotriomorfas. Probeta pulido, $\times 180$.



Fotomic. 18.—P-1307. Fractura rellena por calcopirita II y blenda II. Probeta pulida, $\times 180$.

nita laminar, según (111), de color pardo rosado, pelocroica, anisótropa, con dureza de pulido mayor que calcopirita I (fotomicrografía 17). La existencia de cubanita constituye un buen termómetro geológico, ya que su temperatura de desmezcla es de 250-300°C (6). Esta misma temperatura podemos asignar, en consecuencia, a pirita II y calcopirita I.

un mineral fundamentalmente descendente, suele encontrarse en las zonas de montera y por ello las muestras estudiadas por nosotros no son muy adecuadas para su localización, ya que pertenecen a los pisos más inferiores de la explotación actual; sin embargo, hemos confirmado su existencia.

Se presenta en cristales pequeños, íntimamente asociadas a calcopirita, y su color gris azulado, anisotropismo y reflexiones internas de color rojo sangre permiten identificarla (fotomicrografía 19).

Accesoriamente se presenta tetrahedrita, hematites y limonita.

CONCLUSIONES

El estudio realizado ha puesto de manifiesto la existencia de una mineralización singenética, cuyo interés económico se desconoce por el momento. El hecho de que existan niveles de magnetita puede facilitar la investigación y la determinación de las áreas de mayor esperanza minera.

Por otra parte, las muestras estudiadas son rocas de composición diorítica y esquistos cuarzo-muscovíticos que han sufrido la acción de fluidos hipercríticos y un metamorfismo o alteración deutérica, que han originado una paragénesis mineral zonada según distintas isogradas (8):

a) En un primer episodio de temperatura más elevada, 400-600°C, se forma diópsido al que van ligados fundamentalmente magnetita II y pirrotina I.

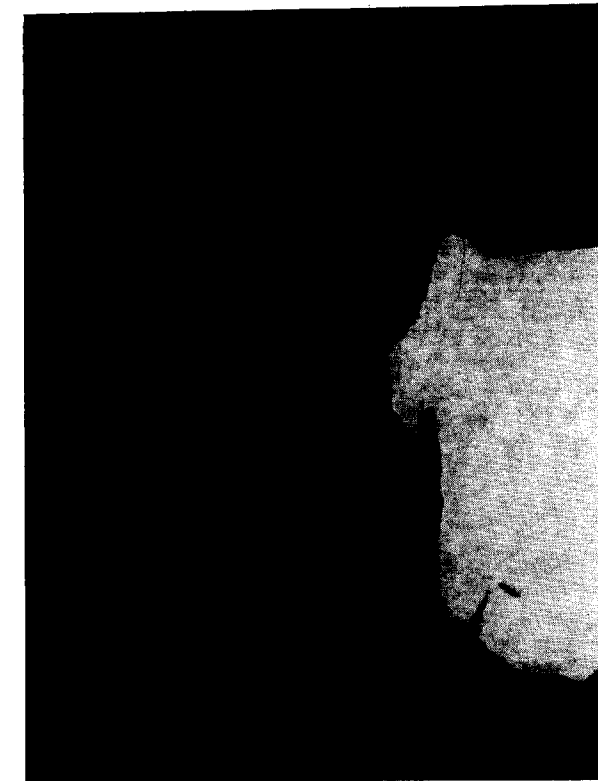
b) En un período de temperatura intermedia, 300-400°C, se forma actinolita-tremolita y biotita con arsenopirita.

c) En el episodio de temperatura más baja, por debajo de 300°C, el más íntimamente asociado a los minerales metálicos en explotación, se origina un acusado proceso de cloritización con clorita, muscovita, calcita, esfena, cuarzo y albita.

Esta zonación presenta evidentemente pasos graduales de uno a otro período, no siendo tan tajante como hemos expuesto la aparición o ausencia de los distintos minerales.

Además de los procesos asociados a la mineralización ya mencionados, las rocas de la región han sufrido otros (potasificación, silicificación, carbonatación, etc.) que, a nuestro juicio, no tienen la importancia genética de aquéllos.

El intercambio de materia entre las rocas graníticas y las adyacentes ha debido realizarse mediante difusión o migración de elementos, bien en fase vapor, bien disueltos en fluidos residuales (9).



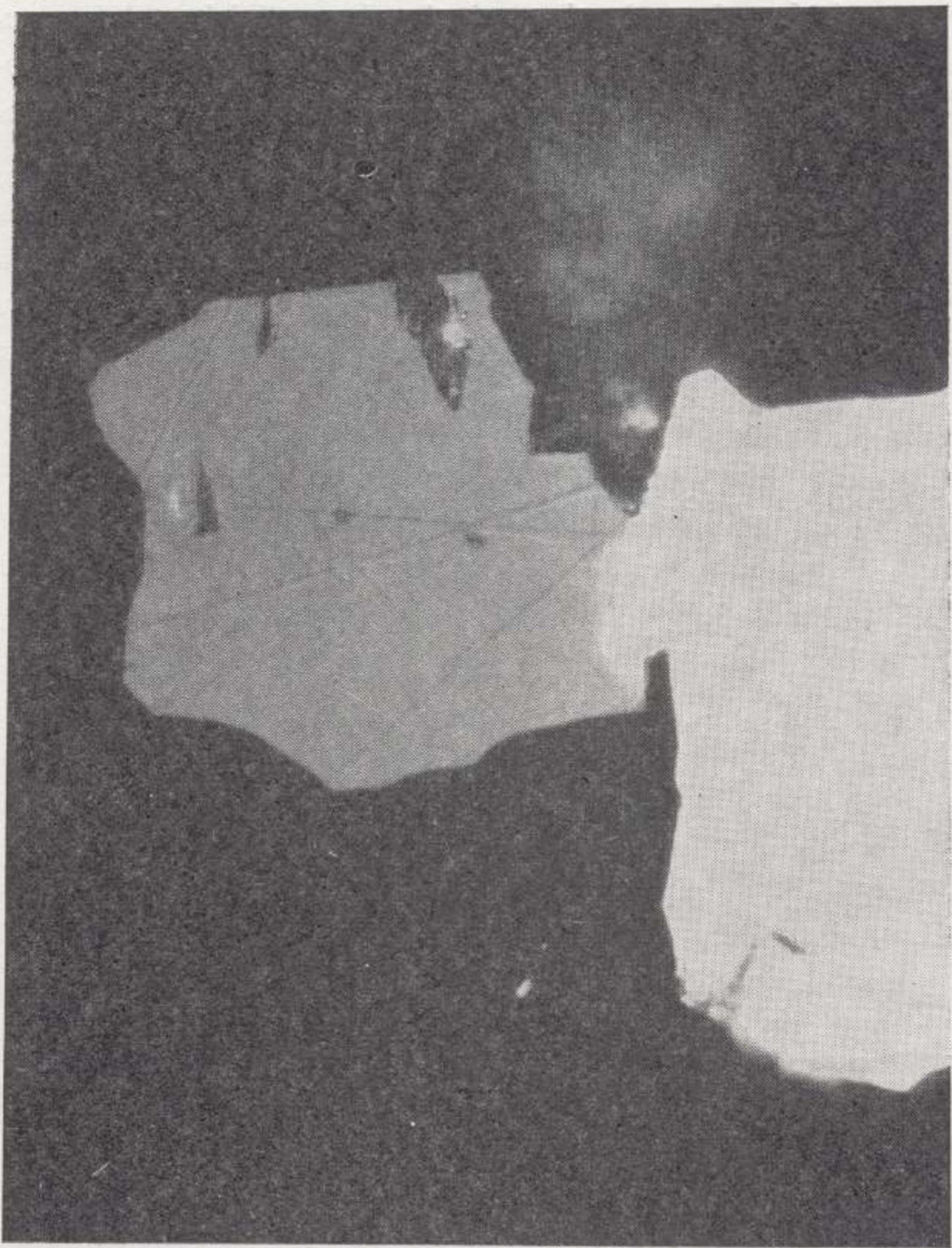
Fotomic. 19.—P-1314. Cuprita (cristal izquierdo) en asociación con calcopirita. Probeta pulida, $\times 1.200$.

Ligadas al proceso de cloritización se forma posteriormente blenda II, calcopirita II, bornita I incluida en calcopirita II en forma de gotas de emulsión, y galena por el orden citado, que pueden ir acompañadas de muscovita, calcita, esfena, cuarzo y albita. Sus características ópticas las hacen fácilmente identificables.

Blenda II y calcopirita II son abundantes, en tanto que galena es escasa. Las tres son alotriomorfas, rellenan fracturas y ocupan espacios huecos (fotomicrografía 18).

A veces, calcopirita II es sustituida por bornita II y ésta por calcosina.

Pinedo (5) cita la presencia de cuprita. Al ser



Fotomic. 19.—P-1314. Cuprita (cristal izquierdo) en asociación con calcopirita. Probeta pulida, $\times 1.200$.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ERNST, W. G. (1968). *Amphiboles*. Springen Verlag, página 125.
- (2) GUILLOU, J. J. (1967). *Situation et zonalité de minéralisations sulfurées dans un complexe volcano-sédimentaire (Cambrien de la Sierra Morena, Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 264, serie D, páginas 885-887.
- (1971). *Variations chimiques portant sur Zn, Cu, Sb, Hg, d'un type morphologique de gîte syngénétique selon son contexte sédimentaire ou volcano-sédimentaire (Cambrien inférieur du Sud de la Péninsule Ibérique)*. C. R. Acad. Paris, t. 272, serie D, págs. 1829-1832.
- (3) KRAUSKOPF, K. E. (1967). *Introduction to Geochemistry*, pág. 482. New York, McGraw Hill.
- (4) PHAN KIEW DUONG. (1969). *Skarns et minéralisations associées*. «Chronique des mines et de la recherche minière», núms. 387-388.
- (5) PINEDO VARA, I. (1963). *Piritas de Huelva*. Ed. Summa, pág. 453.
- (6) RAMDOHR, P. (1969). *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press.
- (7) RÖSLER LANGE. (1965). *Geochemische Tabellen*, pág. 115, Deutschen Verlag.
- (8) WINKLER, H. G. F. (1970). *Abolition of metamorphic facies, Introduction of the four divisions of metamorphic stage, and of a classification based on isograds in common rocks*. «N. Jahrbuch f. Mineralogie». Monatshefte.
- (9) WODZICKI, A. (1971). *Migration of trace elements during contact metamorphism in the Santa Rosa Range, Nevada, and its bearing on the origin of ore deposits associated with granitic rocks*. «Mineralium Deposita», vol. 6, págs. 49-64.

Recibido: 4 de julio de 1972.

Bombeo de ensayo a caudal crítico en un pozo (*)

por C. BENCOMO (**)

RESUMEN

La realización de bombeos de ensayo a caudal constante en un pozo, conduce a dificultades de interpretación cuando las condiciones de ejecución se separan de los límites de validez requeridos para la aplicación de las fórmulas clásicas (Theis, Jacob), en particular cuando las depresiones creadas en el pozo de bombeo son una fracción importante de la piezometría medida a partir del muro de la formación acuífera, hecho que es difícilmente evitable en terrenos de débil transmisividad. Con estas premisas parece útil estudiar los aspectos teóricos del ensayo a caudal crítico y experimentar en la práctica las posibilidades de su aplicación.

RÉSUMÉ

La réalisation de pompages d'essai à débit constant dans un puits, peut conduire à des difficultés d'interprétation lorsque les conditions de travail se séparent des limites de validité nécessaires pour l'application des formules classiques (Theis, Jacob), en particulier dès que les dépressions que se produisent dans le puits de pompage elles sont une importante fraction de la piézométrie mesurée à partir du mur de la formation aquifère, ce fait est très difficile d'éviter sur des terrains à faible transmissivité. Avec ces prémisses il serait utile d'étudier les aspects théoriques de l'essai à débit critique et d'expérimenter dans la pratique les possibilités de son application.

PROBLEMA A RESOLVER

Para interpretar el resultado de un cierto número de ensayos de bombeo efectuados en un pozo a caudal máximo, hemos buscado un método gráfico, cómodo para la representación de las observaciones hechas.

Hemos utilizado unos ejes coordenados representando:

El tiempo de bombeo «t» en abscisas, según una escala logarítmica graduada directamente en minutos u horas.

La inversa del caudal crítico 1/Q en ordenadas, según una escala aritmética graduada directamente en h/m.³

El examen de los resultados de los diversos ensayos representados en estos gráficos, ha hecho

(*) Este trabajo ha sido realizado en el B. R. G. M., París, Francia.

(**) Dr. Ingeniero de Minas del IGME. División de Aguas.

notar que la línea figurativa del caudal se confunde frecuentemente con un tramo de recta en el intervalo de los tiempos correspondientes a valores grandes de «t».

Esta comprobación nos ha dado la idea de que un ensayo «a caudal crítico» puede ser comparado con el ensayo de bombeo a nivel constante, desde el momento en que los estratos o capas acuíferas en el pozo se encuentren «desanegadas», es decir, cuando el nivel del agua en el pozo está por debajo de los estratos conductores de agua.

El ensayo se hará entonces a caudal crítico; ya que la cantidad de agua bombeada es independiente de la posición del nivel de agua en el pozo

2. ENSAYO DE BOMBEO A NIVEL CONSTANTE

2.1. Similitud de las fórmulas de caudal con las de flujo calorífico

En el caso de un sistema acuífero definible en toda su extensión, según la concepción de Theis, por un mismo valor:

De la transmisividad hidráulica T.
Del coeficiente de almacenamiento S.

Las fórmulas del caudal en función del tiempo, pueden ser obtenidas por la simple transcripción de las fórmulas ya establecidas para el flujo de calor.

En el caso de un ensayo de bombeo a nivel constante nosotros utilizaremos las fórmulas indicadas por J. C. Jaeger en 1942, para el flujo de calor que atraviesa la superficie cilíndrica, bruscamente enfriada, de una cavidad perforada en una masa ilimitada, conductora de calor y cuya temperatura es uniforme en el estado inicial.

2.2. Hipótesis admitidas

2.2.1. Las hipótesis que nos permiten la transcripción de las fórmulas del flujo de calor en las del gasto de agua son:

- 1.ª Hipótesis: El pozo es perfecto, es decir, que atraviesa el acuífero en todo su espesor.
- 2.ª Hipótesis: La circulación del agua se hace según la ley de Darcy.
- 3.ª Hipótesis: Las capas y el sistema acuífero se definen en toda su extensión, según la concepción de Theis por un mismo valor: De la transmisividad hidráulica T.
Del coeficiente de almacenamiento S.
- 4.ª Hipótesis: El espesor de la capa permeable o del estrato conductor de agua es despreciable respecto a la depresión Y creada en la pared del pozo.
- 5.ª Hipótesis: En el estado inicial el sistema acuífero está en reposo, en equilibrio o en régimen de circulación permanente.
- 6.ª Hipótesis: El bombeo a depresión constante y a caudal crítico se obtiene instantáneamente, sin transición.

2.2.2. Notaciones empleadas

- Q Caudal del pozo en el instante «t».
- t Tiempo pasado desde la creación de la depresión «Y» del nivel del agua en el pozo.
- Y Depresión del nivel del agua creada en el pozo en el instante t ≥ 0.
- R Radio del pozo.
- T Transmisividad hidráulica de las capas acuíferas.
- S Coeficiente de almacenamiento de las capas acuíferas, según la concepción de Theis.

n Argumento sin dimensión de las funciones.

$$x = \frac{T t}{R^2 S} \text{ tiempo reducido.}$$

J₀ (n) Función tabulada de Bessel de primera especie y de orden cero.

Y₀ (n) Función tabulada de Bessel de segunda especie y de orden cero.

γ = 0,5772 constante de Euler.

2.3. Transcripción de las fórmulas

2.3.1. Fórmulas rigurosas

La transcripción de la fórmula del flujo de calor indicada por J. C. Jaeger en la del gasto a depresión constante nos da:

$$Q = \frac{8}{\pi} Y T \int_0^{\infty} \frac{e^{-n^2 x}}{J_0^2(n) + Y_0^2(n)} \frac{dn}{n} \quad (1)$$

La integral de la expresión (1) ha sido tabulada por J. C. Jaeger y Martha Clarke en 1942 en el intervalo de x comprendido entre 0,01 y 1.000. Esta ha sido anotada y transcrita en la form

$$I(0, 1; n) = \int_0^{\infty} \frac{e^{-n^2 x}}{J_0^2(n) + Y_0^2(n)} \frac{dn}{n} \quad (2)$$

2.3.2. Fórmulas desarrollables en serie

Según J. C. Jaeger, para los valores grandes de x, la integral de la expresión (2) se desarrolla en serie en función de:

$$y = \frac{1}{\ln 4x - 2\gamma}$$

$$I(0, 1; x) = \frac{\pi^2}{2} \left[\frac{1}{y} - \frac{1}{y^2} - \frac{\pi^2 - \gamma^2}{y^3} + \dots \right] \quad (2 \text{ bis})$$

Este desarrollo tiene una expresión mucho más cómoda si desarrollamos en función de:

$$\frac{1}{\ln 4x - \gamma}$$

Limitada a los dos primeros términos, toma forma:

$$I(0, 1; x) = \frac{\pi^2}{2} \cdot \frac{1}{(\ln 4x - \gamma)} \left(1 - \frac{\pi^2/6}{(\ln 4x - \gamma)^2} - \dots \right)$$

Comparando los valores de las expresiones (2) y (3) tenemos que el término residual es inferior a 0,02 para x > 10.

Si se combina la ecuación (1) con la (3), se obtiene:

$$Q = \frac{5,47 Y T}{(\log t - \log t_0)} \left(1 - \frac{0,73}{(\log t \log t_0)} - \epsilon \right) \quad (4)$$

Donde

$$t_0 = \frac{R^2 S}{2,25 T}$$

2.3.3. Fórmula aproximada

La expresión (4), para grandes valores de x, se reduce a:

$$Q = \frac{4 \pi Y T}{(\ln 4x - \gamma)} \quad (5)$$

El valor obtenido será en ese caso aproximado por exceso y con error menor del

- 10 % cuando x > 35
- 6 % » x > 100
- 3 % » x > 1000

De la ecuación (5) deducimos la siguiente expresión:

$$\frac{Y T}{Q} = 0,183 (\log t - \log t_0) \quad (6)$$

donde:

$$t_0 = \frac{R^2 S}{2,25 T} \quad (7)$$

El valor del cociente $\frac{Y T}{Q}$ de la expresión (6), será aproximado por defecto y con un error menor del

- 10 % cuando $\frac{t}{t_0} \geq 80$
- 6 % » $\frac{t}{t_0} \geq 225$
- 3 % » $\frac{t}{t_0} \geq 2250$

3. EXPRESIÓN GRÁFICA DE LAS ECUACIONES

La representación gráfica de la expresión (6) en unos ejes coordenados es una recta, si llevamos:

El logaritmo del tiempo en abscisas.
La inversa del caudal en ordenadas.

El tiempo t₀, que entra en la fórmula (6) es el correspondiente al punto de intersección de la recta con la ordenada de origen, es decir, que correspondería a un gasto infinitamente grande.

4. INTERPRETACIÓN DE UN ENSAYO DE BOMBEO

4.1. Establecimiento del gráfico

La transcripción en el gráfico de las observaciones del caudal crítico, hechas a distintos tiempos, no es problema si previamente se ha elegido una escala conveniente.

La esquematización de las observaciones hechas en una recta llamada «Recta de caudales», ajustada de la mejor forma posible en el conjunto de medidas, no representa tampoco dificultad.

4.2. Evaluación de T

La evaluación de la transmisividad hidráulica se puede hacer teniendo en cuenta la expresión (6). En efecto, la pendiente de la recta de caudales es:

$$i = \frac{0,183}{Y T} \text{ de donde}$$

$$T = \frac{0,183}{Y i} \quad (6 \text{ bis})$$

4.3. Evaluación de S

La evaluación del coeficiente de almacenamiento S, teóricamente, puede obtenerse a partir de la ecuación (7).

$$t_0 = \frac{R^2 S}{2,25 T}$$

Despejando tenemos:

$$S = 2,25 \frac{T t_0}{R^2} \quad (7 \text{ bis})$$

El valor de S, que se obtiene es siempre mayor que el verdadero, ya que en el denominador R es siempre menor que el radio eficaz del pozo de ensayo.

4.4. Previsión del agotamiento

Mediante la lectura directa, en el gráfico de los caudales extrapolados, según la recta de caudales, podemos tener una previsión del agotamiento progresivo del pozo en función del tiempo.

5. VALIDEZ DE LAS FÓRMULAS

Es evidente que las fórmulas son válidas solamente cuando las hipótesis simplificadoras que hemos admitido son respetadas.

En la práctica, es la última hipótesis, el establecimiento brusco del régimen de bombeo a nivel constante y a caudal crítico, lo más difícil de cumplir. Por esta razón, con frecuencia, la evaluación de S, según (7 bis), será sobreestimada, ya que el no cumplirse dicha hipótesis implica un valor mayor de t_0 , y por tanto uno mayor de S.

6. PRUEBA DE POSIBILIDAD DE EMPLEO DE LAS FÓRMULAS SIMPLIFICADAS DE CAUDAL A PRESIÓN CONSTANTE

Es fácil de comprender que, en caso de validez de la expresión (6), los puntos figurativos del caudal llevados sobre nuestros gráficos, deben estar alineados a lo largo de una recta.

El que la línea figurativa del caudal sea recta, para los valores grandes del tiempo t , se puede considerar como una prueba de posibilidad de empleo de las fórmulas aproximadas de bombeo a depresión constante en un acuífero ilimitado.

La existencia de un «escalón» al comienzo del bombeo es debida, generalmente, a que durante la fase preliminar el caudal extraído por el equipo de bombeo es inferior al caudal crítico durante ese mismo período de tiempo.

6.1. Caso de acuífero limitado

En el caso de una línea de emergencias o de alimentación de agua a nivel constante próxima y situada a la distancia L del lugar de captación, el gasto Q, que disminuye con el tiempo, tendrá un límite definitivo por la conocida fórmula:

$$y = \frac{Q}{2\pi T} \ln \left(\frac{2L}{R} \right) \quad (8)$$

La existencia de tal límite se traduciría en los gráficos por un «escalón» difícilmente revelado

por ensayos de bombeo de duración casi siempre insuficiente para ponerlos en evidencia.

Es misión del geólogo que haya estudiado la región, el prever esta eventualidad, teniendo en cuenta la distancia «L», que es un dato de él conocido.

7. APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MÉTODO PRECONIZADO

Pruebas de bombeo efectuadas en la perforación número 983-7-44 (Índice B. R. G. M.) en Cornebarrieu, (H.^{te} Garonne).

7.1. Elección del lugar

Por la nota del 12.10.66, el Servicio de Hidrogeología solicitaba a los diferentes Servicios Geológicos Regionales del B. R. G. M., la búsqueda de un lugar para realizar pruebas de bombeo en régimen crítico, según las condiciones indicadas por aquella nota.

Como respuesta a esta petición, el S. G. R. Nord-Est y el S. G. R. Midi-Pirénées, proponían una solución que respondía de la mejor forma posible a las condiciones requeridas.

7.1.1. Proposición del S. G. R. Nord-Est

Se trataba de una perforación en Grostenquin (Moselle) (X = 423,06; Y = 247,32), de 37 m. de profundidad, de los cuales el acuífero estaba constituido por 3 m. aproximadamente (33,60 m. a 36,30 m.) de areniscas del Keuper inferior.

Desgraciadamente, esta experiencia no dio buenos resultados, porque se produjo un hundimiento durante el bombeo.

Esto se puede explicar de la siguiente manera:

La perforación solo estaba entubada hasta 33,60 metros, por lo tanto, la roca almacén estaba sin protección.

Dada la importancia del caudal de bombeo, se produjo un descenso muy rápido del nivel del agua y, como consecuencia, fenómenos de turbulencia.

7.1.2 Proposición del S. G. R. Midi-Pyrénées

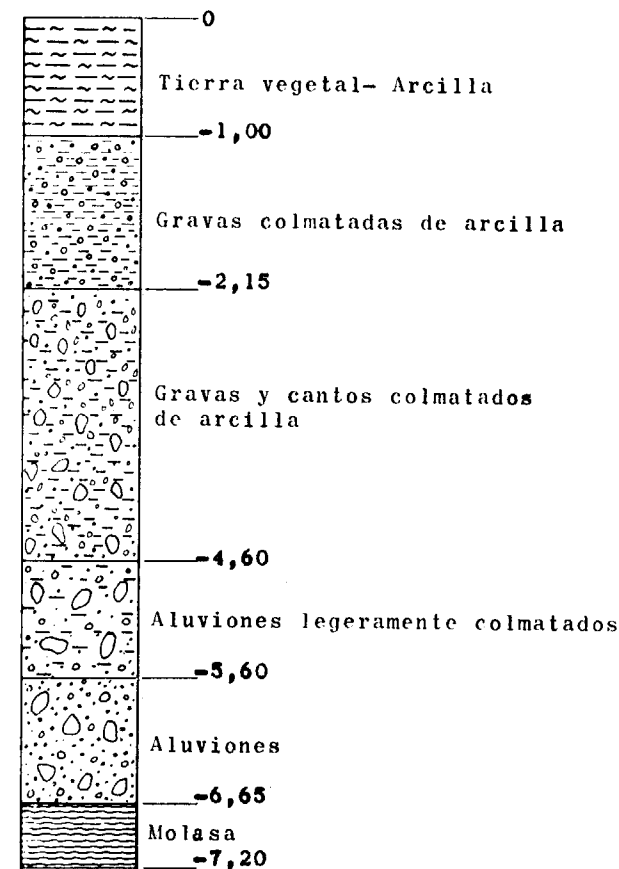
El lugar propuesto se situaba en los aluviones de una terraza media del Garona.

Desde el punto de vista hidrogeológico, estábamos en el caso de una capa de agua colgada, almacenada, en estos aluviones, de los cuales el substrato estaba formado por molasas muy poco permeables.

Se realizó una perforación en estos aluviones:
Emplazamiento: $x = 518,5$; $y = 149$
Inventario B. R. G. M. 983.7.44.
Profundidad final: 7,20 m.
Empresa de sondeo: Sondages Modernes du Sud-Ouest (Toulouse).

7.1.2.1. Corte geológico (Ver anexo 1)

0,00 a 1,00 m. Tierra vegetal-arcilla.
1,00 a 2,15 m. Gravas colmatadas de arcilla.
2,15 a 4,60 m. Gravas y cantos colmatados de arcilla.
4,60 a 5,50 m. Aluviones ligeramente colmatados, poco arcillosos, pero muy compactos.
6,65 a 7,20 m. Formación compacta (molasa).



Anexo 1

7.1.2.2. Condiciones de ejecución.

Al tener que perforar una capa de aluviones, se ha utilizado una máquina de percusión. Esta trabaja por golpeo de un tubo de trabajo de 7" de diá-

metro. Extrayéndose los materiales con una válvula especial.

7.1.2.3. Equipo de la perforación

Una vez efectuada una limpieza de la perforación, se introdujo un tubo de plástico de 7,5 metros de longitud, de 140 mm. de diámetro y ranurado a lo largo de 3,5 m. en la parte inferior, para que sirviese de filtro.

Se retiró el tubo de trabajo de diámetro de 7", por contragolpeo, dejando de esta forma la capa acuífera en contacto directo con el filtro.

7.1.2.4. Condiciones hidrogeológicas encontradas

Durante la ejecución del trabajo, las avenidas de agua han comenzado a 5,50 m. del suelo, es decir, más abajo de la capa de aluviones comprendida entre 4,60 y 5,50 m., que era muy compacta.

En reposo, el nivel del agua en la perforación se mantuvo a 1,30 m. del suelo.

8. ENSAYOS DE CAUDAL

8.1. Dispositivo

En Cornebarrieu disponíamos de la perforación de 7,20 m. de profundidad y de 5 piezómetros de profundidad variable. En el curso de las diferentes pruebas, los piezómetros P1, P2, P3, P4, y P5, han sido equipados y seguidos con Limnigrafos registradores OTT 15 (Ver anexo 2).

8.2. Desarrollo de los ensayos

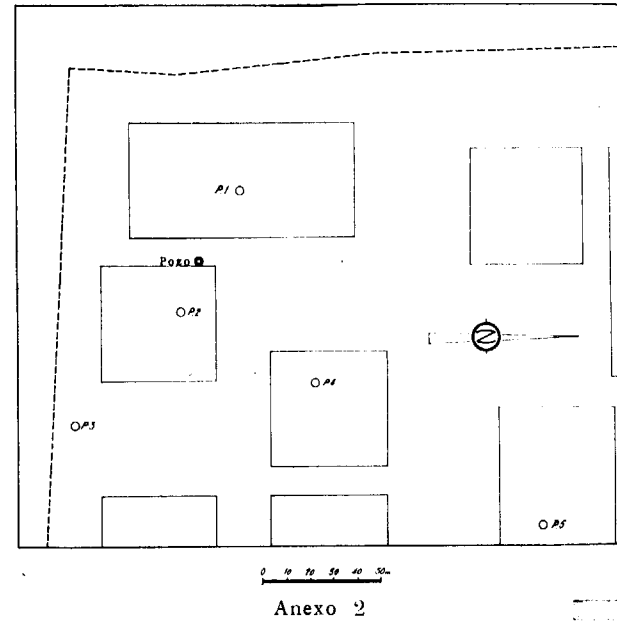
8.2.1. Bombeo de prueba

Un primer ensayo tuvo lugar el 16 de junio de 1967, a las 14 h. 30 min. Simplemente se trataba de determinar las características del equipo de bombeo utilizado.

8.2.2. Primer ensayo de bombeo a caudal crítico

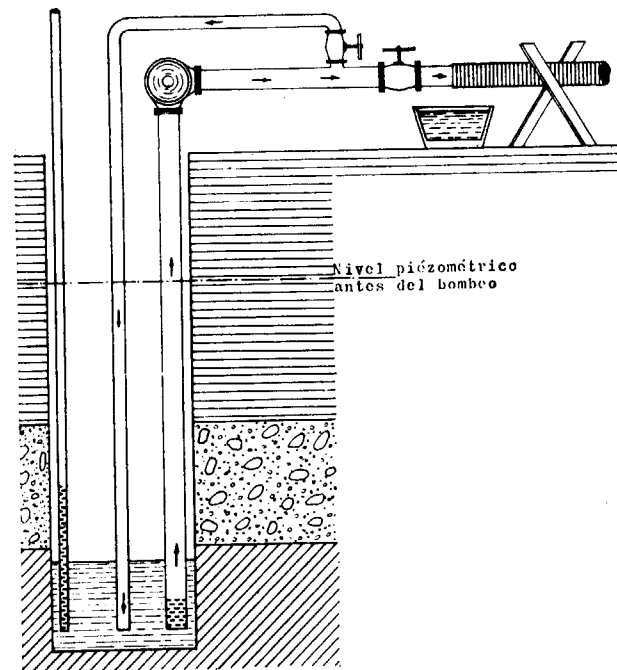
El 17 de junio por la mañana instalamos en el pozo una bomba autocebadora. Adaptamos un sistema que pudiera permitirnos reciclar una parte del caudal bombeado, dada la gran variación de

caudal a prever durante la duración del bombeo y para mejor llegar a conseguir mantener constante el nivel del agua en el pozo.



Anexo 2

ESQUEMA DEL EQUIPO DEL POZO



Anexo 3

También utilizamos un tubo de una pulgada de diámetro que, introducido en el pozo, nos permitió efectuar por su interior las medidas del nivel del agua en el pozo y evitar así las fluctuaciones de nivel, provocadas por el bombeo. (Ver anexo 3).

Para medir los caudales bombeados utilizábamos un recipiente de 115 l.

La evacuación del agua la hacíamos a 350 metros aguas abajo en una zanja.

Como aparatos de medida del nivel, empleamos una sonda eléctrica y una sonda HWK.

El bombeo duró veinticuatro horas y veinticinco minutos. Dada la naturaleza de la prueba, los piezómetros, P1, P2, P3, P4 y P5 se siguieron con el objeto de tener una información más precisa de la reacción de la capa de agua durante el bombeo.

En el anexo 4 damos los caudales críticos durante el ensayo, así como el gráfico de interpretación de la prueba y los cálculos para la transmisividad obtenida de 0,4 m.²/h.

8.2.3. *Ensayo de bombeo a caudal constante*

Alentados por los resultados de la prueba a caudal crítico del 17.6.67, decidimos hacer una prueba de bombeo a caudal constante, tratando de respetar las hipótesis admitidas por Theis para este tipo de pruebas, así, pues, estábamos obligados a provocar un descenso relativamente débil en el nivel del agua del pozo durante la realización de nuestra prueba.

El objeto del nuevo ensayo era comparar los resultados que con él obtuviésemos y los ya obtenidos.

Habíamos comenzado la prueba el 7 de julio de 1967, a las 17 h. 15 min., y la terminamos el 9 de julio de 1967 a las 17 h. 15 min., es decir, que la prueba tuvo una duración de cuarenta y ocho horas.

Equipo de la estación:

En el Pozo: Una bomba de aspiración, accionada por un motor eléctrico, con el sistema de reciclaje, que ya hemos descrito.

Un tubo delgado, perforado, que tenía por objeto atenuar las fluctuaciones de nivel del agua en su interior. Las medidas del nivel del agua se realizaban con una sonda eléctrica por el interior de este tubo.

Evacuación del agua a 350 m. aguas abajo en una zanja.

Un recipiente de 42 l. para efectuar las medidas de los caudales.

ANEXO 4

Primer ensayo de bombeo a caudal crítico en Cornebarrieu (H.^{no} Garonne), el 17.6.67

Tiempo «t» en minutos	Caudal «Q» en m ³ /h	1/Q en h/m ³
1	14	0,0714
2	11,12	0,0900
4	9,86	0,101
5	9,63	0,104
9	7,82	0,128
12	7,36	0,136
14	6,90	0,145
17	7,02	0,1425
19	6,90	0,145
21	6,90	0,145
27	6,28	0,159
35	6,68	0,1496
40	6,47	0,1545
45	6,09	0,1641
50	6,09	0,1641
55	6,9	0,145
60	6,57	0,152
67	6,47	0,1545
70	6,69	0,1495
77	6,19	0,169
86	5,92	0,169
105	5,67	0,1765
110	5,43	0,184
127	5,43	0,184
130	5,45	0,1835
137	5,36	0,1865
145	5,16	0,1937
165	5,08	0,1965
180	5,29	0,189
190	4,71	0,212
210	4,9	0,204
220	4,9	0,204
230	0,05	0,198
250	4,5	0,222
255	4,71	0,212
260	4,72	0,212
270	4,64	0,2155
280	4,66	0,2145
310	4,79	0,2085
315	4,81	0,2080
320	4,88	0,2040
330	4,84	0,2070
340	4,60	0,2175
345	4,62	0,2165
350	4,36	0,2290
360	4,60	0,2172
385	4,37	0,2290
390	4,38	0,2280
395	4,41	0,2270

Tiempo «t» en minutos	Caudal «Q» en m ³ /h	1/Q en h/m ³
405	4,37	0,2290
425	4,56	0,2190
427	4,37	0,2290
436	4,36	0,2290
456	4,28	0,2338
473	4,17	0,2398
485	4,35	0,2300
495	4,18	0,2390
515	4,24	0,2360
530	4,21	0,2380
585	4,01	0,2493
590	4,06	0,2460
625	4,01	0,2493
675	3,68	0,2720
720	4,06	0,2460
780	3,94	0,2540
840	3,90	0,2565
900	3,88	0,2575
960	3,84	0,2605
1.050	3,90	0,2565
1.065	3,74	0,2675
1.140	3,69	0,2710
1.200	3,68	0,2720
1.260	3,63	0,2750
1.320	3,74	0,2775
1.330	3,71	0,2695
1.380	3,66	0,2730
1.425	3,55	0,2820
1.465	3,55	0,2820

En los piezómetros: Linnígrafos registrados OTT 15.

Una vez parada la prueba seguimos la recuperación en el pozo con la ayuda de una sonda eléctrica, desde el 9.7.67 a las 17 h. 15 min. hasta el 10.7.67 a las 12 h., a continuación instalamos un linnígrafo registrador OTT 15.

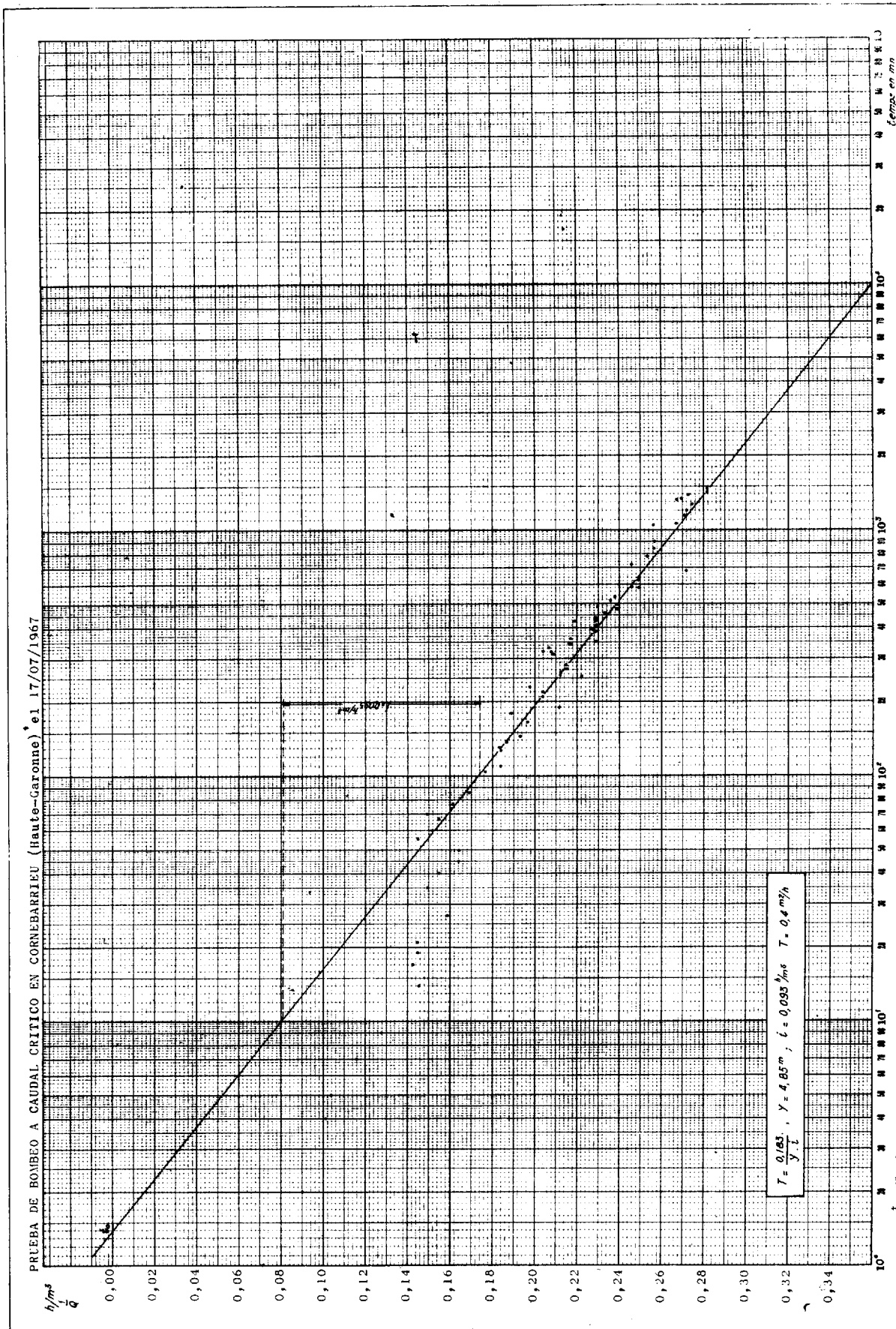
En el anexo (5) damos los valores del descenso así como el gráfico del descenso y el valor de la transmisividad obtenida de 0,5 m.²/h.

En el anexo (6) damos análogos datos para esta recuperación y un valor de la transmisividad de 0,5 m.²/h.

Hay que destacar que los valores obtenidos para la transmisividad, según la prueba a caudal crítico, el descenso y la recuperación a caudal constante son muy comparables.

8.2.4. *Segundo ensayo de bombeo a caudal crítico*

El 29 de julio de 1967, a las 9 h., comenzamos una segunda prueba de bombeo a caudal crítico,



Anexo 4

y la paramos el 31 de julio de 1967 a las 16 h., es decir, una duración de cincuenta y cinco horas.

Esta prueba fue interrumpida, porque a partir de las diez horas del 31 de julio de 1967, el equipo de bombeo no llegaba a achicar el acuífero en el pozo. Esto era debido a que la bomba trabajaba fuera de régimen.

Equipo de la Estación:

En el Pozo: una bomba de aspiración autocebadora, accionada por un motor eléctrico, y provista de un sistema de «reciclaje».

Un tubo delgado, perforado en la base.

DESCENSO

ANEXO 5

Ensayo de bombeo a caudal constante $Q = 1,260 \text{ m}^3/\text{h}$.
Cornebarrieu (H.^{te} Garonne) el 7-7-67

t, tiempo de bombeo en minutos	D, descenso en m.
0.25	0.100
0.50	0.170
1	0.212
1.50	0.235
2	0.254
2.50	0.264
5	0.283
4	0.316
5	0.335
7	0.363
9	0.395
11	0.416
15	0.428
15	0.446
17	0.467
19	0.473
21	0.481
23	0.492
25	0.502
27	0.514
30	0.525
35	0.574
40	0.600
45	0.619
50	0.642
55	0.677
60	0.693
65	0.703
70	0.716
75	0.727
80	0.740
90	0.761
105	0.792
120	0.814
135	0.836
150	0.863

t, tiempo de bombeo en minutos	D, descenso en m.
165	0.883
180	0.902
210	0.930
240	0.956
270	0.983
300	1.003
360	1.030
420	1.054
480	1.078
540	1.094
600	1.110
720	1.145
850	1.175
960	1.201
1.080	1.221
1.260	1.241
1.320	1.252
1.440	1.268
1.560	1.291
1.680	1.314
1.800	1.337
2.040	1.373
2.280	1.395
2.520	1.411
2.760	1.412
2.880	1.416

Evacuación del agua a 350 m. aguas abajo, en una zanja.

Un recipiente de 105 l. para medidas de caudal.

En los piezómetros: Limnigrafos registrados OTT 15.

En el anexo (7) damos el cuadro de la variación del caudal crítico con el tiempo, el gráfico de interpretación de la prueba y el cálculo de la transmisividad que da un valor de $0,4 \text{ m}^2/\text{h}$, exactamente igual al obtenido durante la primera prueba a caudal crítico.

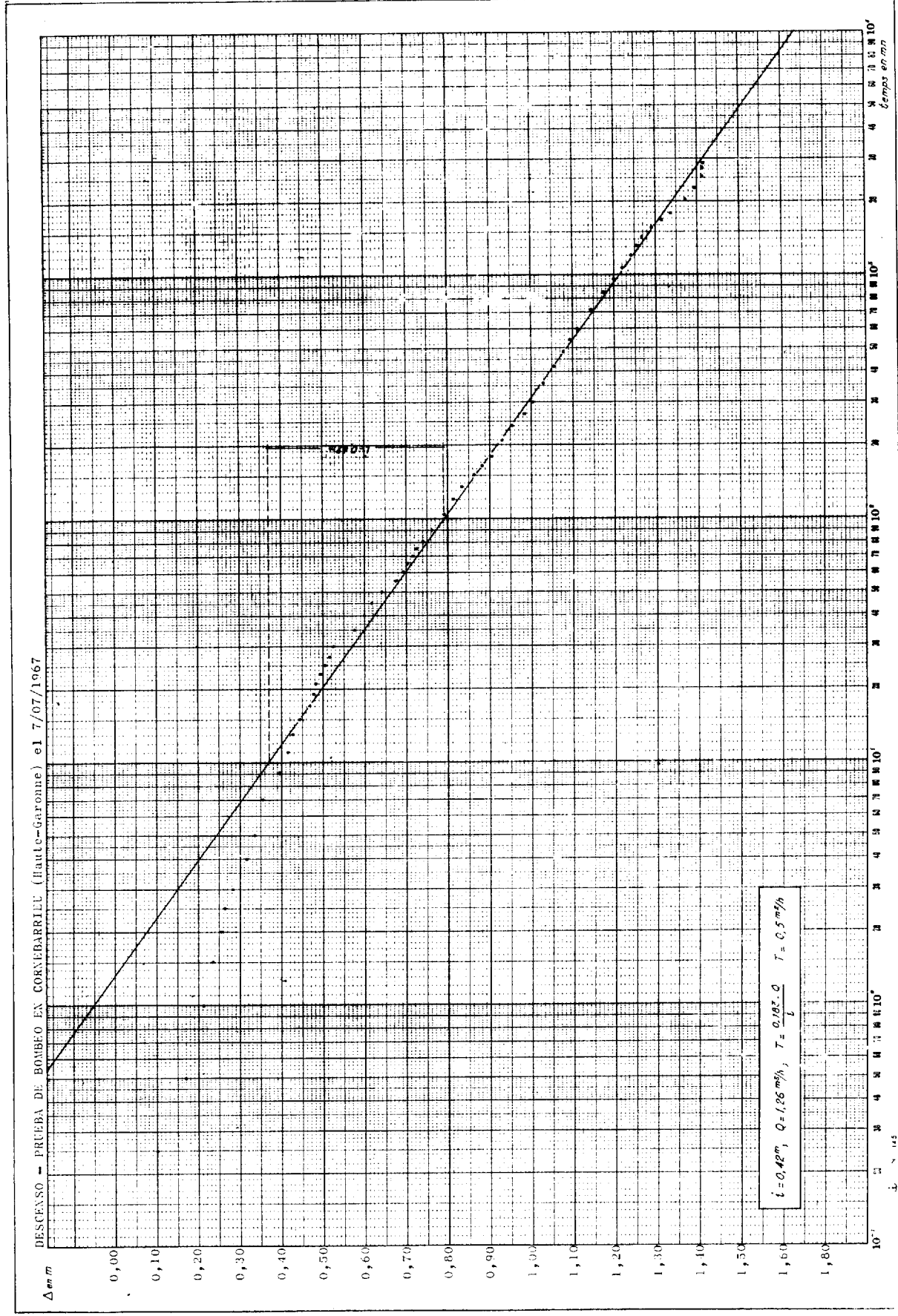
9. SUGERENCIAS COMO CONSECUENCIAS DE ESTOS ENSAYOS DE BOMBEO A CAUDAL CRÍTICO

Nos parece útil indicar algunas recomendaciones relativas a la realización material del bombeo de ensayo.

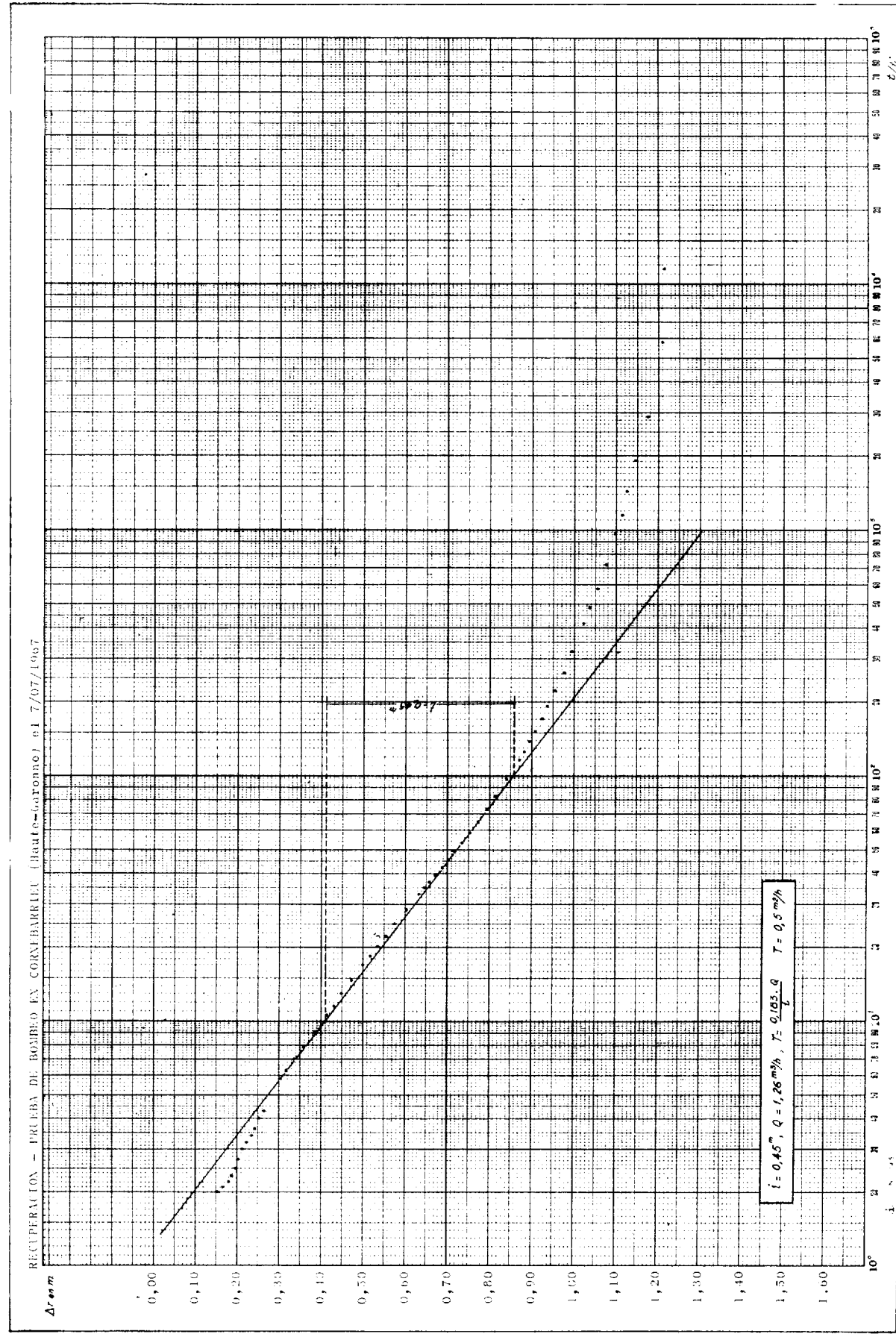
La bomba utilizada debe corresponder a la característica siguiente: Para una débil variación de la altura manométrica, H , se debe tener una gran variación del caudal Q .

Prever un sistema de «reciclaje» parecido al descrito en esta comunicación.

Colocar en el pozo un tubo de pequeño diámetro, que debe ser utilizado como piezómetro.



Anexo 5



Anexo 6

RECUPERACION

ANEXO 6

Ensayo de bombeo a caudal constante Q = 1.260 m³/h.
en Cornebarrieu (H.^{te} Garonne) el 7-7-67

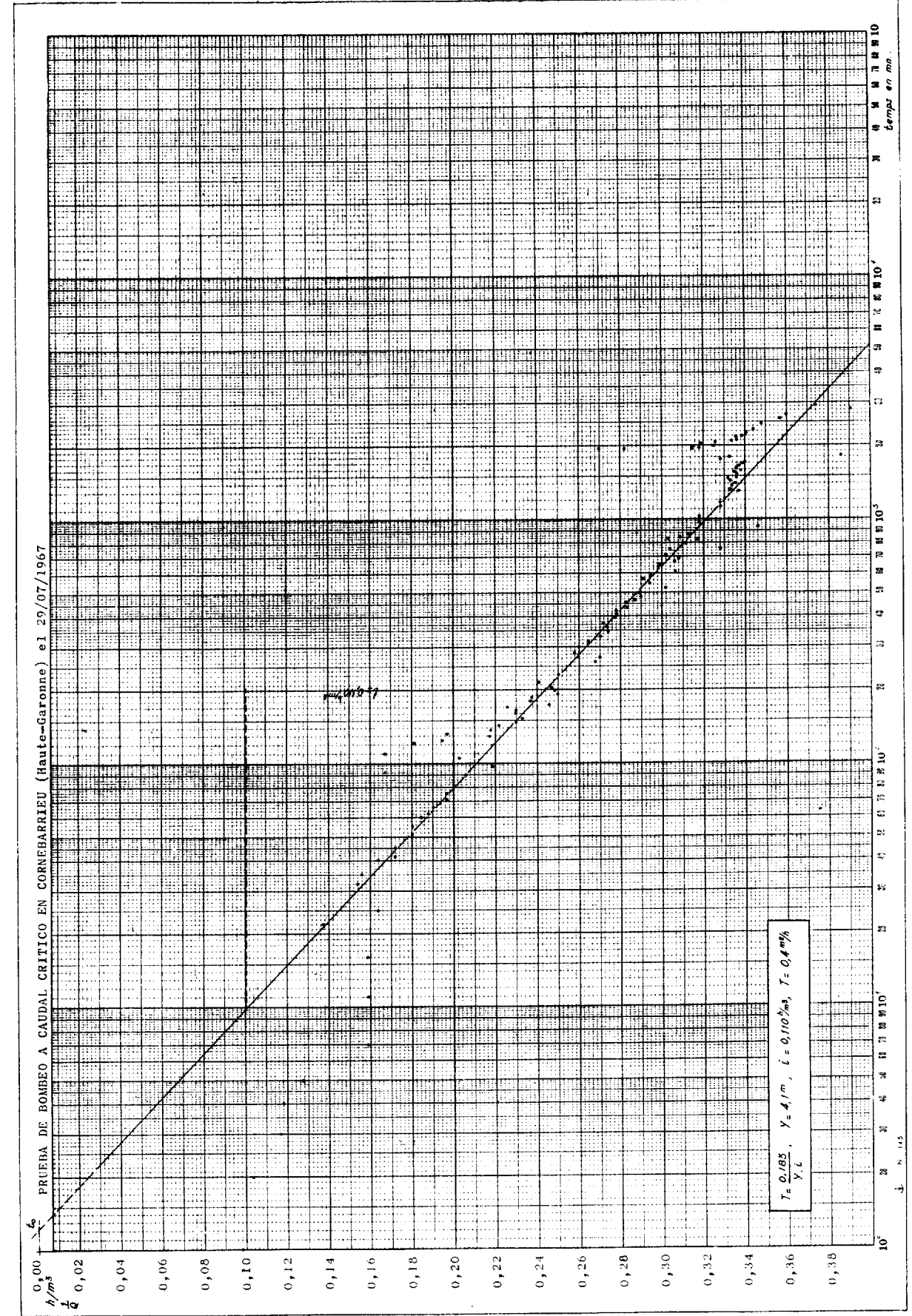
t en minutos	t' en minutos	t/t'	Dr. descenso residual en m.
2.880,25	0,25	11.521	1.213
2.880,50	0,50	5.761	1.201
2.881	1	2.881	1.175
2.881,50	1,50	1.921	1.148
2.882	2	1.441	1.127
2.882,50	2,50	1.152	1.115
2.883	3	961	1.099
2.884	4	721	1.076
2.885	5	577	1.056
2.886	6	481	1.037
2.887	7	412,4	1.022
2.889	9	321	0.994
2.891	11	262,9	0.976
2.893	13	222,5	0.953
2.895	15	193	0.937
2.897	17	170,4	0.923
2.899	19	152,6	0.908
2.901	21	138,1	0.894
2.903	23	126,2	0.881
2.905	25	116,2	0.873
2.907	27	107,6	0.859
2.910	30	97	0.840
2.915	35	83,2	0.816
2.920	40	73	0.793
2.925	45	65	0.773
2.930	50	58,5	0.754
2.935	55	53,3	0.737
2.940	60	49	0.719
2.945	65	45,3	0.701
2.950	70	42,1	0.687
2.955	75	39,4	0.671
2.960	80	37	0.658
2.965	85	34,9	0.645
2.970	90	33	0.634
2.985	105	28,4	0.603
3.000	120	25	0.574
3.015	135	22,3	0.556
3.030	150	20,2	0.534
3.045	165	18,4	0.518
3.060	180	17	0.499
3.090	210	14,4	0.472
3.120	240	13	0.449
3.150	270	11,6	0.431
3.180	300	10,6	0.413
3.240	360	9	0.384
3.300	420	7,8	0.359
3.360	480	7	0.338
3.420	540	6,3	0.319
3.480	600	5,8	0.304

t en minutos	t' en minutos	t/t'	Dr. descenso residual en m.
3.600	720	5	0,283
3.730	850	4,3	0,266
3.840	960	4	0,254
3.960	1.080	2,6	0,242
4.080	1.200	3,4	0,238
4.200	1.320	2,19	0,225
4.320	1.440	3	0,213
4.560	1.680	2,72	0,206
4.800	1.920	2,5	0,197
5.040	2.160	2,33	0,187
5.280	2.400	2,2	0,181
5.520	2.640	2,09	0,167
5.760	2.880	2	0,154

ANEXO 7

Segundo ensayo de bombeo a caudal critico en Cornebarrieu
(H.^{te} Garonne) el 29-7-67

Tiempo «t» en minutos	Caudal «Q» en m ³ /h	1/Q en h/m ³
1	10,200	0,098
2	9,630	0,1039
3	8,640	0,1168
4	8,500	0,1178
5	7,800	0,1281
7	6,300	0,1590
11	6,300	0,1590
16	6,300	0,1590
22	7,269	0,1375
25	6,096	0,1640
32	6,517	0,1540
35	6,406	0,1560
40	6,096	0,1640
43	5,815	0,1720
45	5,815	0,1720
51	5,558	0,1800
55	5,542	0,1805
60	5,400	0,1850
62	5,323	0,1880
66	5,250	0,1905
71	5,073	0,1970
75	5,080	0,1970
80	5,006	0,2000
85	5,006	0,2000
90	4,846	0,2060
97	4,570	0,2190
105	4,921	0,2030
110	5,990	0,1670
122	5,518	0,1910
125	5,142	0,1945
128	4,609	0,2170



Tiempo «t» en minutos	Caudal «Q» en m ³ /h	1/Q en h/m ³	Tiempo «t» en minutos	Caudal «Q» en m ³ /h	1/Q en h/m ³
132	5,073	0,1970	867	3,192	0,3130
137	4,581	0,2180	915	2,889	0,3460
143	4,500	0,2220	965	3,142	0,3180
147	4,354	0,2300	1.035	3,143	0,3180
153	4,295	0,2330	1.110	3,043	0,3280
161	4,344	0,2300	1.170	3,048	0,3280
165	4,344	0,2300	1.215	3,028	0,3300
170	4,421	0,2260	1.300	2,967	0,3370
175	4,062	0,2460	1.320	3,026	0,3300
180	4,223	0,2370	1.365	2,995	0,3340
185	4,213	0,2375	1.395	2,988	0,3350
192	4,004	0,2500	1.425	3,000	0,333
199	4,021	0,2490	1.455	3,011	0,332
205	4,047	0,2470	1.485	2,976	0,336
215	4,144	0,2410	1.515	2,976	0,336
232	3,995	0,2500	1.545	2,988	0,335
260	3,780	0,2640	1.590	2,953	0,338
270	3,699	0,2700	1.607	2,976	0,336
285	3,592	0,2580	1.635	2,964	0,337
300	3,549	0,2600	1.680	2,953	0,339
315	3,776	0,2650	1.715	2,946	0,340
330	3,705	0,2700	1.757	3,048	0,328
345	3,652	0,2740	1.770	2,000	0,333
360	3,659	0,2740	1.830	2,591	0,386
373	3,684	0,2720	1.950	3,705	0,270
390	3,605	0,2770	1.955	3,532	0,283
405	3,593	0,2780	1.960	3,176	0,315
420	3,396	0,2780	1.970	3,150	0,318
435	3,536	0,2830	1.985	3,176	0,315
452	3,532	0,2830	1.995	3,075	0,325
465	3,483	0,2870	2.020	3,131	0,319
480	3,452	0,2900	2.040	3,068	0,326
500	3,467	0,2890	2.060	3,068	0,326
525	3,215	0,3020	2.085	2,988	0,334
545	3,302	0,2940	2.110	2,976	0,336
565	3,436	0,2910	2.140	2,976	0,336
585	3,390	0,2950	2.182	2,953	0,339
605	3,269	0,3060	2.270	2,927	0,341
625	3,336	0,2980	2.325	2,907	0,344
645	3,345	0,2990	2.457	2,872	0,348
665	3,267	0,3060	2.570	2,800	0,357
685	3,231	0,3080	2.690	2,779	0,360
705	3,312	0,3020	2.830	2,557	0,391
743	3,286	0,3040	2.920	2,677	0,374
755	3,048	0,3280			
795	3,203	0,3220			
825	3,150	0,3170			
835	3,298	0,3030			
840	3,239	0,3090			

En el caso de aforar el caudal con un recipiente.
a) Medir el nivel del agua en el pozo antes de hacer la medida del caudal correspondiente, esto es con objeto de evitar el riesgo de falsear la medida del nivel del agua.

b) Mientras que se efectúa la medida de caudal, mantener el nivel de salida del agua a la misma altura, para evitar variaciones de nivel del agua en el pozo.

10. CONCLUSIONES

No es nuestra intención de preconizar en todos los casos el bombeo de ensayo en un pozo a caudal crítico, de preferencia al ensayo clásico a caudal constante; sin embargo, en la práctica nos encontramos, a menudo, delante de los resultados de un ensayo crítico, ya efectuado y que hace falta interpretar de la mejor forma posible.

Esta situación se explica por la buena acogida que dispensan los explotadores de un pozo al ensayo a caudal máximo, ya que así tienen la impresión de poder comprobar, de una manera concreta, la productividad de sus captaciones.

De todas formas, creemos simplemente haber expuesto:

1.º Un método cómodo de representación de los resultados de un ensayo, llevando:

La inversa del caudal en ordenadas.

El logaritmo del tiempo en abscisas.

2.º Un método simple de previsión del agotamiento de pozos por extrapolación gráfica.

Este método es de gran utilidad en la previsión del desagüe de minas.

3.º La posibilidad de evaluación:

De la transmisividad hidráulica T y en ciertas condiciones el coeficiente de almacenamiento S.

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- (1) C. V. THEIS: *The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of the discharge of a well using ground-water storage.* T. U. G. A., volume 16, págs. 519-524, 1935.
- (2) C. E. JACOB; S. W. LOHMAN: *Nonsteady flow to a well of constant drawdown in an extensive aquifer.* «Transactions, American Geological Union (T. U. G. A.), volume 33, number 4, August 1952, págs. 559-569.
- (3) J. C. JAEGER: *Heat flow in the bounded internally by a circular cylinder.* «Proceeding of the Royal Society of Edimburg», págs. 223-228, November 1942.
- (4) J. C. JAEGER; M. CLARKE: *A Short table of*

$$\int_0^{\infty} \frac{e^{-n^2}}{J_0^2(n) \pm Y_0^2(n)} \frac{dn}{n}$$
«Proceeding of the Royal Society of Edimburg», págs. 229-230, November 1942.
- (5) N. BOULTON: *The discharge to a well in an extensive unconfined aquifer with constant pumping level.* «Journal of hydrology 3» (1965), North-Holland Publishing C.º Amsterdam.

Recibido: 5 IV-72.

Petrogénesis de las rocas básicas del SW de España

(Sierra Morena occidental)

por V. SANCHEZ CELA (*) y A. APARICIO YAGÜE (*)

RESUMEN

Las rocas básicas del SW de España se atribuyen a procesos de granitización metasomática en rocas dolomíticas. Los diferentes tipos de rocas han sido originados por procesos de diferenciación geoquímica que han condicionado zonaciones mineralógicas a causa de variables gradientes de actividad química y metamórficos.

ABSTRACT

The basic rocks of the SW Spain are interpreted as the result of metasomatic granitization process on dolomitic rocks.

The different types of rocks had been originated by geochemical differentiation which produced mineralogical zonations. These geochemical differentiation was due to variable metamorphic and geochemical activity gradients.

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo nos ha llamado la atención la relación existente, en la mayoría de los casos, entre las rocas básicas del SW de España con rocas carbonatadas, principalmente dolomías por un lado, y con rocas graníticas por otro.

Esta observación podría ser indudablemente un hecho casual, pero nuestros primeros estudios en las áreas de Mérida, Burguillos del Cerro y otras, han hecho que definiésemos procesos petrogenéticos completamente diferentes a los atribuidos para las rocas básicas en aquellas áreas.

La similitud de los procesos deducidos por nosotros, ha motivado que este estudio lo abordásemos regionalmente y así hemos querido abarcar todas las zonas más importantes en donde afloran rocas básicas y que más o menos se representan esquemáticamente en la figura 1.

Este estudio abarca el Sur de la provincia de Cáceres, gran parte de la provincia de Badajoz, Norte de la de Huelva y parte occidental de la de Córdoba.

(*) Departamento de Petrología, Universidad de Madrid.

Autores anteriores que han realizado estudios en esta amplia zona han interpretado el origen de las rocas básicas con conceptos petrogenéticos totalmente diferente a los deducidos por nosotros. Entre ellos debemos citar principalmente a Hernández Pacheco y Rosso de Luna (1949, 1950, 1951, 1954, 1955, 1956), Fricke (1951), Fabries (1963), Bard (1969, 1971), Gutiérrez Elorza (1969), Hernández Enrile (1971), etc.

II. CARACTERES PETROGRÁFICOS GENERALES

Las rocas básicas del SW de España están representadas por una extensa gama de tipos litológicos, variando desde peridotitas, gabros olivínicos y gabros hasta dioritas y anfibolitas. Los más importantes afloramientos se encuentran en las zonas de Mérida, Burguillos, Barcarrota, Villaviciosa de Córdoba, Santa Olalla de Cala, Olivenza, Cazalla de la Sierra y Fuenteovejuna.

Los tipos petrográficos más abundantes son las rocas dioríticas de composición y texturas muy variadas, ya que se presentan tanto en facies granudas como orientadas (anfibolitas). Se encuen-

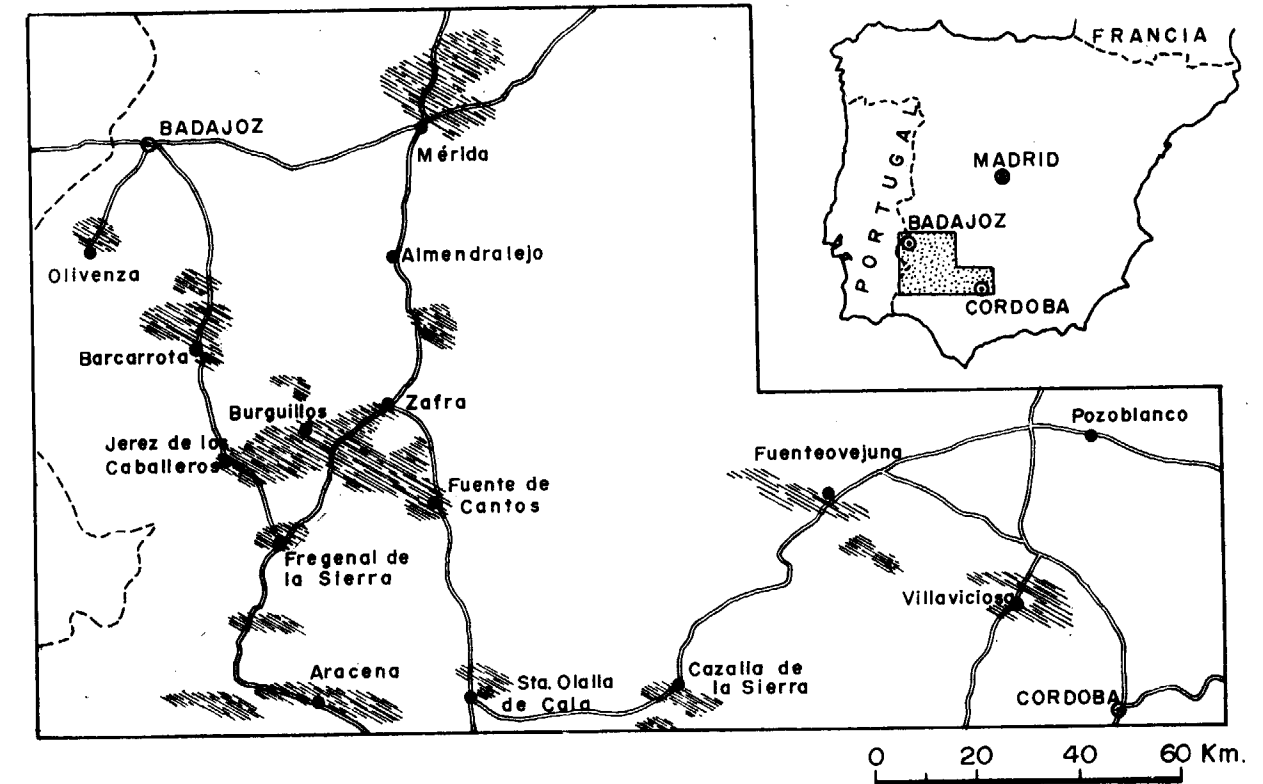


Fig. —Esquema de situación de los principales afloramientos de rocas básicas del SW de España.

nan localizadas y asociadas a otros tipos de rocas en zonas muy localizadas y asociadas a otros tipos de rocas básicas en casi todas las áreas estudiadas, pero principalmente en gran extensión en la zona de Mérida, Burguillos del Cerro, Aracena y Villaviciosa de Córdoba.

Los gabros, gabros anfibólicos y gabros alcalinos se encuentran en puntos más localizados dentro de los grandes afloramientos de rocas básicas, entre los que se encuentran Barcarrota, Jerez de los Caballeros, Aroche, Cortegana y Villaviciosa de Córdoba.

Las rocas ultramáficas (peridotitas) aparecen en zonas muy localizadas, asociadas a gabros, como en Santa Olalla de Cala, Santa Ana la Real y Cortegana.

Esta variabilidad petrográfica es común encontrarla a escala pequeña dentro de un mismo afloramiento y así no es difícil encontrar una transición entre las dolomías y dioritas con términos de rocas ultramáficas y ultrabásicas.

A grandes rasgos, en las áreas investigadas por nosotros se pueden definir seis facies con paragénesis mineralógicas características:

Gradientes químicos y metamórficos	N.º	Paragénesis más comunes		Tipos petrográficos
		Paragénesis más comunes	Tipos petrográficos	
}	6	Plagioclasas + anfíbol ± biotita ± cuarzo	Dioritas - cuarzodioritas	
	5	Plagioclasas + anfíbol ± clinopiroxenos	Dioritas	
	4	Clinopiroxenos + plagioclasas ± anfíbol.	Gabros	
	3	Clinopiroxenos + plagioclasa ± olivino	Gabros olivínicos	
	2	Ortopirox. ± olivino ± clinopirox. ± plagioclasas	Peridotitas	
	1b	Ortopiroxeno + olivino		
1a	Olivino ± ortopiroxenos			

Las facies más comunes en Sierra Morena Occidental son las dioritas y los gabros anfibólicos representados por orden de abundancia por las paragénesis 6, 5 y 4. Los gabros olivínicos y las

peridotitas están representados en puntos muy aislados dentro del SW de España. Las peridotitas se localizan con facies petrográficas diversas en amplias áreas del Sur de la provincia de Málaga, zona no investigada por nosotros.

III. CONSIDERACIONES PETROGENÉTICAS

El origen de los distintos tipos de rocas básicas lo atribuimos a fenómenos de granitización, traducidos en inyecciones y difusiones de sílice, álcalis y elementos volátiles, que arrastran a veces mineralizaciones importantes, y que bajo gradientes metamórficos-metasomáticos diversos, «reaccionan» con rocas sedimentarias carbonáticas (dolomías y pizarras-esquistosas calco-dolomíticas) para originar los diversos tipos de rocas básicas.

La génesis de estas rocas básicas no es difícil de explicar si se tiene en cuenta los siguientes caracteres:

1) Forma de yacimiento y su relación con las rocas encajantes.

2) Estudio petrológico de los contactos a pequeña escala.

La forma de yacimiento y su relación con las rocas a pequeña escala, nos muestra una íntima relación, casi siempre, con dolomías y con rocas graníticas-gneísicas. En aquellos casos en donde faltan las rocas dolomíticas no es difícil correlacionar «niveles» básicos con estas rocas de áreas próximas.

El estudio de los contactos muestra, en la mayoría de los casos, una macro y a veces microzonación petrográfica que espacialmente guarda una íntima relación con las rocas graníticas-gneísicas y con las rocas carbonáticas.

Esta zonación observada por nosotros en muchas zonas del SW de España y citada ya (Sánchez Cela, V., 1971, y Aparicio Yagüe y Sánchez Cela, 1972), se traduce en un aumento gradual en la basificación desde las rocas graníticas a las rocas básicas del contacto con las carbonáticas.

Es muy corriente la transición, a veces irregular y a diversas escalas, desde adamellititas a dioritas, pasando por granodioritas.

Este paso gradual en la basificación está de acuerdo con la estratigrafía regional de los materiales sedimentarios del Paleozoico inferior, en que la serie detrítica inferior pasa al nivel de dolomías por un tránsito de rocas de composición intermedia.

La diversidad textural-mineralógica de las rocas básicas de la zona, a veces a pequeña escala, la atribuimos a tres factores principales:

1) A la actividad química del proceso de granitización.

2) Al gradiente metamórfico local, y

3) A la textura y composición de la roca madre.

Los dos primeros factores, que están íntimamente ligados en el proceso de granitización metasomática, condicionan las diversas paragénesis mineralógicas resultantes en rocas de características texturales y mineralógicas definidas.

Así, bajo gradientes de temperatura y presión y actividad química de los fluidos metasomáticos en rocas diversas pueden originarse desde gabros olivínicos hasta granitos. Aquellos corresponden a procesos de granitización de elevada gradiente metasomático-metamórfico en rocas carbonáticas, las últimas a este mismo proceso en series detríticas.

En algunas rocas básicas no es difícil apreciar relictos de estructuras sedimentarias aunque éstas no dependen de las estructuras originales, si de la evolución de la granitización. Esto es más fácil apreciarlo en rocas originadas por procesos metasomáticos-metamórficos relativamente bajos como son las rocas dioríticas, en donde muchas veces se observa el tránsito de rocas granudas a otras de la misma composición más o menos orientadas. Las rocas granudas corresponden a zonas más «evolucionadas» en la granitización, mientras que las orientadas corresponden a los frentes de granitización.

Estas consideraciones teóricas están de acuerdo con los hechos observados por nosotros en que las rocas anfibolíticas de grano más fino y orientadas pasan rápidamente a facies sedimentari foliadas, mientras que las rocas dioríticas de grano más uniforme suelen presentar «aureolas» que conservan la foliación de las rocas regionales.

El gradiente metamórfico local es uno de los factores principales que condicionan las distintas paragénesis mineralógicas, reguladas principalmente por la temperatura y por la presión (profundidad del proceso).

La textura de la roca original condiciona, bajo diferentes gradientes metasomáticos-metamórficos, el que unas veces se formen dioritas y otros «anfibolitas». Aunque esta diferencia se puede apreciar a pequeña escala, podemos decir que las rocas «orientadas» corresponden en unos casos a las zonas más externas, y en otros a procesos de granitización de tipo «filoniano», como parece suceder en los materiales calco-dolomíticos orientados intercalados en la serie regional pelítica.

Es difícil concebir una intrusión ígnea de carácter básico que a tan pequeña escala origine rocas tan diferentes. En cambio no sería difícil pensar en una intrusión ígnea de carácter ácido que

contamine diferencialmente al «asimilar» rocas carbonáticas para originar rocas básicas. Si a estos caracteres anteriormente citados, añadimos que no aparecen verdaderas intrusiones y la ausencia de metamorfismo de contacto, es muy difícil aceptar aquel origen.

Las rocas básicas parecen localizarse principalmente en los niveles inferiores de la serie dolomítica, es decir en donde la estratificación y «pizarrosidad» está más manifiesta, lo que facilita: 1.º) los procesos de inyección de los elementos granitizantes; 2.º) las reacciones metasomáticas, y 3.º) la difusión no sólo de los elementos volátiles que arrastran la sílice y álcalis, y a veces mineralizaciones importantes (Fe, Pb, Ag, etc.), sino también la de los elementos que se desprenden en las reacciones metasomáticas, como ocurre con el CO₂.

Este proceso explica la falta de manifestaciones de contacto originadas por las «intrusiones» básicas. Estas rocas constituyen en sí las manifestaciones de contacto de la granitización en rocas dolomíticas.

La deformación tectónica y petrográfica de las rocas básicas está condicionada fundamentalmente por las peculiaridades de la granitización en rocas dolomíticas.

Las características petrográficas y geoquímicas de las rocas dolomíticas hacen que la difusibilidad de los elementos graníticos se haga muy lenta, lo que ocasiona una elevación del gradiente energético traducido principalmente en una sobrepresión ocasionada por el efecto de pantalla que originan las rocas dolomíticas ante los elementos granitizantes. Esta sobrepresión se acentúa a causa de que los elementos graníticos son transportados fundamentalmente por volátiles (agua, principalmente).

Esta sobrepresión condiciona: 1.º), que las paragénesis mineralógicas del contacto y sobre todo cuando el proceso es profundo, estén formadas por compuestos de pequeño volumen molecular, como ocurre con los olivinos forsteríticos, y 2.º) que a gran y pequeña escala se originen rocas de aspecto muy tectonizado, brechoides y con minerales muy deformados.

Estas estructuras tectónicas han sido atribuidas en unos casos a fases orogénicas, muchas veces no relacionadas con granitizaciones, y en otros, a la «intrusión» de las rocas básicas, atribuidas a magmas de origen profundo.

El efecto de pantalla de las rocas hace que el gradiente químico de la granitización se acentúe en unos casos (rocas dolomíticas) o disminuya en otros (samitas y lutitas). Debido a que muchas veces alternan estos dos tipos de rocas es por lo

que no sólo es posible encontrar facies petrográficas más o menos estratiformes, sino que aún dentro de un mismo nivel aparezcan paragénesis mineralógicas muy variadas.

Este aumento o disminución del gradiente (sobrepresión) condiciona una diferenciación geoquímica, que es acusada en aquellos casos en que el proceso es bastante profundo. Esta diferenciación se traduce en que los cationes se distribuyan a grandes rasgos zonalmente formando diversos compuestos según los campos de estabilidad de éstos con relación a las características petrográficas de la roca granitizada y a los gradientes de la granitización (química y física).

Esta diferenciación geoquímica, desde el punto de vista metasomático, ha sido ya descrita por numerosos investigadores: Michel Levy, Wegmann, Lapadu-Hargues, Perrin y Roubault, Ramberg, Walton, etc. A grandes rasgos concuerda con la diferenciación geoquímica definida en los procesos de consolidación magmática y estudiados en numerosos sistemas experimentales por Bowen, Tuttle, Yoder, etc., y que se traduce en el área estudiada de la siguiente forma:

1) Diferenciación de los elementos granitizantes aportados.

2) Diferenciación de los elementos de la roca metasomatizada.

Está bastante bien conocido el comportamiento geoquímico de los elementos graníticos en series pelíticas durante los procesos metasomáticos. A grandes rasgos la difusibilidad de la sílice es mayor que la del sodio y ésta a su vez es mayor que la del potasio. Este comportamiento es diferente cuando estos elementos pueden reaccionar con otros componentes (dolomías) para originar otras especies mineralógicas, a causa de que los campos de estabilidad de estos nuevos compuestos son diferentes.

Por datos de sistemas experimentales en medios acuosos conocemos el comportamiento teórico de los elementos más importantes presentes en estos procesos de granitización. Sus gradientes relativos de estabilidad pueden sintetizarse teóricamente por las series de reacción tan conocidas de Bowen y otros autores. Independientemente de los valores de estos gradientes dentro del concepto magmático y metasomático, que son diferentes, son evidentes las analogías en cuanto a las diferenciaciones geoquímicas-mineralógicas.

La actividad química y el gradiente de sobrepresión en los contactos de los elementos graníticos con las dolomías condicionan una diferenciación química acusada en estas rocas y que se traduce por el desplazamiento del Ca y sobre todo

del CO₂ a zonas de menor gradiente de presión, mientras que el Mg permanece en zonas de máximo gradiente acompañado del Fe, que procede en parte de estas rocas dolomíticas (algunas tienen hasta un 8 por 100 de FeO) y en parte procedente de la granitización. En esta zona de máximo «stress» se concentran también minerales de interés económico como son el Cr y el Ni aportados durante la granitización y «enriquecidos» a causa del efecto de pantalla de las rocas dolomíticas que originan campos de gradientes tensionales elevados, que añadido a las afinidades de los ambientes químicos hacen que estos elementos se concentren principalmente en rocas de «elevados gradientes», como son las peridotitas.

El comportamiento del Al durante la granitización es más oscuro, pues si bien en muchos casos manifiesta un comportamiento análogo al Ca, en otros parece no diferenciarse ante gradientes variables, lo que puede ser indicativo que dicho elemento es estable bajo gradientes químicos y metamórficos muy variables.

BIBLIOGRAFÍA

- ALIA MEDINA, M. 1963. *Rasgos estructurales de la Baja Extremadura*. «Bol. R. Soc. Hist. Nat.», t. LXI, páginas 247-262.
- APARICIO YAGÜE, A. y SÁNCHEZ CELA, V. 1972. *Origen de las rocas básicas de los alrededores de Burguillos del Cerro*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. LXXX.
- BARD, J. P. 1969. *Le métamorphisme regional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne)*. Sa place dans le segment hercynien sub-iberique. These. Fac. Sc. Univ. Montpellier.
- 1971. *Sur l'alternance des zones metamorphiques et pronitiques dans le segment hercynien sub-iberique; comparaison de la variabilité des caracteres geotectoniques de*

ces zones avec les orogenés «orthotectoniques». «Bo. Geol. Min.», t. LXXXII-III-IV, págs. 324-345.

- BARD, J. P. y FABRIES, J. 1970. *Aperçu petrographique structural sur les granitoïdes de la Sierra Morena Occidentale (Espagne)*. «Bol. Geol. Min.», t. LXXXI-II-III, págs. 226-241.
- FABRIES, J. 1963. *Les formations cristallines et metamorphiques du Nord-Est de la Province de Sevilla (Espagne)*. These. Fac. Sc. Nancy.
- FEBREL, T. 1970. *Metagenia de la Hoja 875, Jerez de la Caballeros (Badajoz)*. «Bol. Geol. Min.», t. LXXXI, págs. 479-492.
- FRICKE, W. 1951. *Die geologie des Grenzgebietes zwischen nord-ostlicher Sierra Morena und Extremadura*. «Dtsch. Geol. Ges.», 103 págs., Hannover.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M. 1969. *Estudio geológico-estructural de la región Aracena-Cumbres Mayores (prov. de Huelva y Badajoz)*. Tesis Fac. Cienc. Madrid.
- HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. 1971. *Estudio geológico-estructural de la región de Monesterio-Santa Olalla de Cala Sierra Morena occidental (provincia de Badajoz y Huelva)*. Tesis Fac. Cienc. Univ. Madrid.
- HERNÁNDEZ PACHECO, F. y ROSSO DE LUNA, I. *Mapas geológicos de España, 1:50.000 1949*, núm. 752, Mirandilla 1950, núm. 777, Mérida; 1951, núm. 778, Don Benit 1954, núm. 776, Montijo; 1954, núm. 803, Almendralejo 1955-a, núm. 853, Burguillos del Cerro; 1955-b, núm. 8 Zafra; 1956-a, núm. 779, Villanueva de la Serena; 1956-b, núm. 877, Llerena; 1956-c, núm. 828, Barcarrota; 1956-d, núm. 829, Villafranca de los Barros; 1956-e, núm. 8 Fuente de Cantos.
- SÁNCHEZ CELA, V. 1971. *Consideraciones petrogenéticas sobre las rocas dioríticas de la zona de Mérida*. «Est. Geol. vol. XXVII, págs. 305-310.
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F. 1970. *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja núm. 918, Santa Olalla de Cala*. Inst. Geol. Min.

Recibido: 15 de julio de 1972.

Nuevas consideraciones petrogenéticas sobre las rocas gneísicas y «porfiroides» localizadas en la alineación estructural «Almendralejo-Azuaga» (Badajoz)

por V. SANCHEZ CELA (*) y A. APARICIO YAGÜE (*)

RESUMEN

Se considera a la actividad química de los elementos granitizantes que se inyectan y difunden en las rocas sedimentarias, bajo gradientes metamórficos variables, como principal factor de origen de las rocas gneísicas y «porfiroides» en la zona estudiada.

ABSTRACT

In the present paper it is considered the chemical activity of the granitic elements that were injected and diffused into the sedimentary rocks, under variable metamorphic gradients, as the main genetic factor of the gneisses and «porfiroides» of the area between Almendralejo and Azuaga (Badajoz).

INTRODUCCIÓN

La zona estudiada abarca una faja irregular situada principalmente en la provincia de Badajoz. De orientación NW-SE, se extiende entre las localidades de Almendralejo al NW, y Granja de Torrehermosa y Malcocinado al SE. Esta zona comprende varias franjas más o menos paralelas y continuas. La septentrional, poco continua, se localiza alrededor de las localidades de Almendralejo, Aceuchal y Villalba de los Barros.

La intermedia es la franja más importante, localizándose aproximadamente entre las localidades de Hinojosa e Higuera de Llerena.

El tercer afloramiento comprende una franja más o menos continua situada entre las localidades de Azuaga y Granja de Torrehermosa. A estos afloramientos podrían añadirse los de Malcocinado y de Valdeinfierno, aunque son poco importantes a causa de su facies poco gneísicas y escasa extensión superficial.

(*) Departamento de Petrología y Geoquímica. Universidad de Madrid.

Como puede apreciarse en el esquema geológico (fig. 1) se visualizan varias bandas más o menos discontinuas, que por afinidades estructurales y petrológicas creemos que puedan estar relacionadas entre sí en cuanto a su origen.

No hemos realizado la cartografía detallada de los afloramientos de porfiroides y gneises por dos razones fundamentales:

1.ª) Por la gran variabilidad de facies petrográficas existentes, no ya regionalmente sino a pequeña escala que hace que en un mismo afloramiento se aprecien rocas petrográficamente distintas.

2.ª) Por la dificultad de establecer un criterio petrológico para definir estas facies petrográficas a causa de las diversas interpretaciones existentes sobre la naturaleza de los materiales originales y el grado de metamorfismo que han sufrido.

Estas bandas más o menos continuas, aunque aparentemente de facies petrográficas distintas, han sido diversamente clasificadas e interpretadas por los distintos autores que las han estudiado.

Esta zona forma parte de la que varios autores definen como anticlinorio Almendralejo-Azuaga,

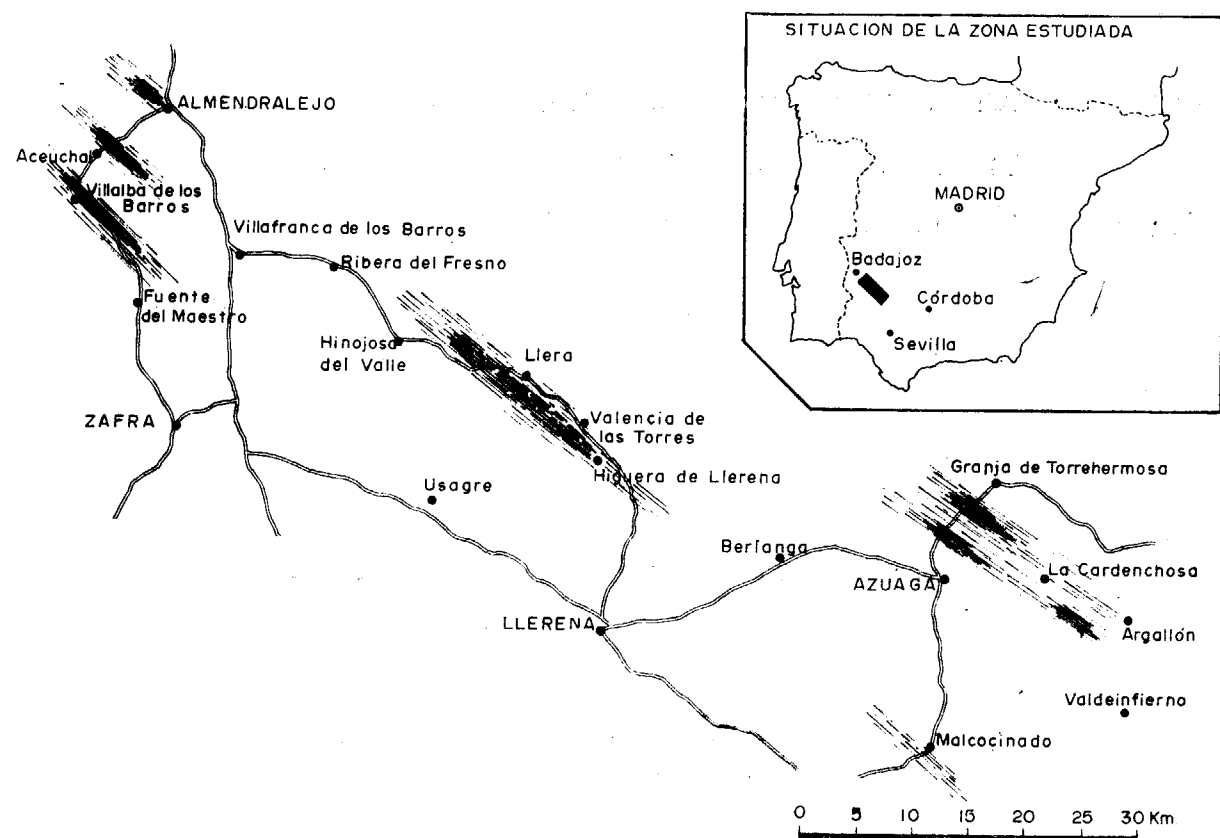


Fig. 1.—Localización de los afloramientos de rocas gneísicas y porfiróides.

formado por materiales precámbricos y del Cámbrico inferior más o menos metamorfizados, definidos como ortogneises y arcosas metamorfizadas (Bard, 1969), conglomerados feldespáticos metamorfizados tipo «Ollo de Sapo» (Parga Pondal et al., 1964; Vegas, 1971), y tobas riolíticas y cineríticas con distinto grado de metamorfismo (Hernández Enrile, 1971).

I. ESTUDIO PETROLÓGICO

Como ya hemos citado anteriormente, las rocas «gneísicas y porfiróides del área estudiada, corresponden a diversos tipos texturales y mineralógicos que se distribuyen muy irregularmente, y que se manifiesta aún dentro de un mismo afloramiento, por lo que hemos realizado el estudio petrográfico según las zonas esquematizadas en la figura 1 y que corresponden a las áreas siguientes: 1) Almedralejo; 2) Aceuchal; 3) Villalba de los Barros; 4) Valencia de las Torres; 5) Azuaga; 6) Malcocinado.

El afloramiento de Almedralejo es el más septentrional, corresponde a una estrecha y corta banda situada al NW de dicha localidad. Está constituida por rocas gneísicas con abundantes restos de rocas sedimentarias más o menos silicificadas y feldespáticas a las que se pasa gradualmente (fig. 2). Estos gneises presentan una orientación N-30 W y un buzamiento subvertical.

El tipo más abundante de gneis es el porfidico de glándulas inferiores a 1 cm., aunque existe todavía una gradación hasta gneises laminados (fig. 3) gneises glandulares.

Las texturas son blastomiloníticas, estando constituidas por cuarzo, feldespato potásico (ortosa y microclina), plagioclasa (28 por 100 An casi siempre formando glándulas, y biotita, de cristalinidad baja en general, y otros minerales accesorios (circón, apatito, etc.) (fig. 4).

La roca sedimentaria de caja es una lutita pizarrosa arcilloso-micácea con cuarzos y algunos feldespatos de tipo albíta.

El afloramiento de rocas gneísicas de Aceuchal (fig. 5) está constituido por gneises granítico.

que pasan gradualmente y rápidamente a pizarras gneísicas y a pizarras. Constituye el afloramiento de gneises más uniformes en cuanto a su textura y composición. Son gneises de grano medio a fino y poco micáceos que le asemejan a algunas apli-

y que está constituida por minerales micáceos más o menos desarrollados, fundamentalmente de biotita y moscovita, con apatito accesorio.

La roca regional, a la que se pasa gradual y rápidamente, es una «pizarra» lutítica constituida por abundante matriz arcillo-micácea de tipo sericitico, con granos de cuarzo, parte de él, probablemente de origen secundario.

Al igual que en otras zonas aparecen intercalaciones de rocas foliadas, anfíbolíticas, constituidas por hornblendas sódicas, clinopiroxenos, cuarzos, plagioclasas sódicas y granates, y epidota, esfena y apatito como accesorios.

La orientación oscila entre N-30-70 W y los buzamientos, en general hacia el NE, de unos 35 a 55°, aunque se han observado buzamientos verticales.

El afloramiento de Valencia de las Torres corresponde a la banda más extensa tanto longitudinal como transversalmente, pues parece comenzar en las inmediaciones de Hinojosa del Valle y extenderse en una banda algo irregular de 0,5 a 3 km. de anchura hasta unos 2 km. al SE de Higuera de Llerena. La dirección dominante es muy

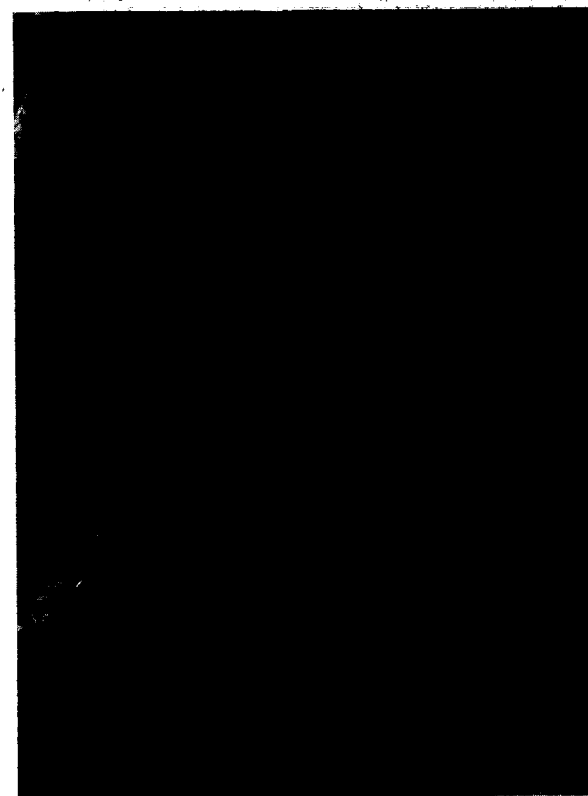


Fig. 2.—Pizarras granitizadas del afloramiento de rocas gneísicas de Almedralejo.

Están constituidos por cuarzo, ortosa, plagioclasa (An 33 por 100) y escasas biotitas. Asociados a estos gneises aparecen rocas anfíbolíticas de texturas diversas y constituidas por anfíboles del tipo actinolítico, plagioclasas alteradas, clinopiroxenos, epidota, escapolitas cálcicas, esfena, apatito y minerales opacos como accesorios. La orientación de estas rocas varía entre N-30 W a 40 W y buzamiento hacia el NE (30-40°).

Las rocas de Villalba de los Barros son gneises de tonos oscuros con abundantes laminaciones. Gran parte de los gneises podrían clasificarse dentro de la denominación de «porfiróides» con diferentes grados de cristalinidad.

Casi todas las glándulas son de cuarzo y plagioclasa sódica, con algunas de menor tamaño de feldespato potásico englobados en una matriz que recuerda mucho a la roca regional sedimentaria

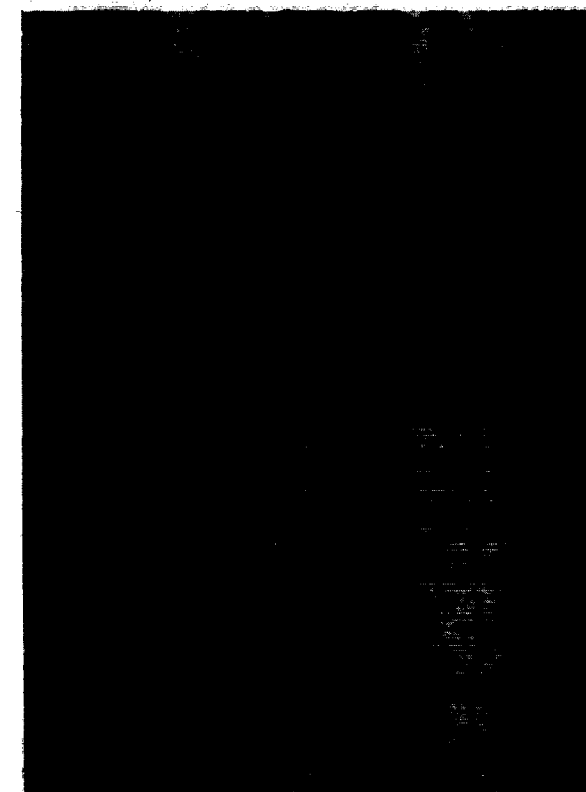


Fig. 3.—Gneises microlaminados cuarzo-feldespáticos de Almedralejo (I. L. M. 44882 NC x 9,5).



Fig. 2.—Pizarras granitizadas del afloramiento de rocas gneísicas de Almendralejo.



Fig. 3.—Gneises microlaminados cuarzo-feldespáticos de Almendralejo (I. L. M. 44882 NC \times 9,5).

semejante a los afloramientos anteriores, desde N-30-W hasta casi N-S, con buzamientos de 30 a 70° hacia el NE.

Es la zona en donde los «porfiroides» están mejor representados por diversas facies texturales-mineralógicas. Es además la zona en que se pue-



Fig. 4.—Gneises glandulares «blastomiloníticos» de Almen-dralejo (I. L. M. 44961 NP x 9,5).

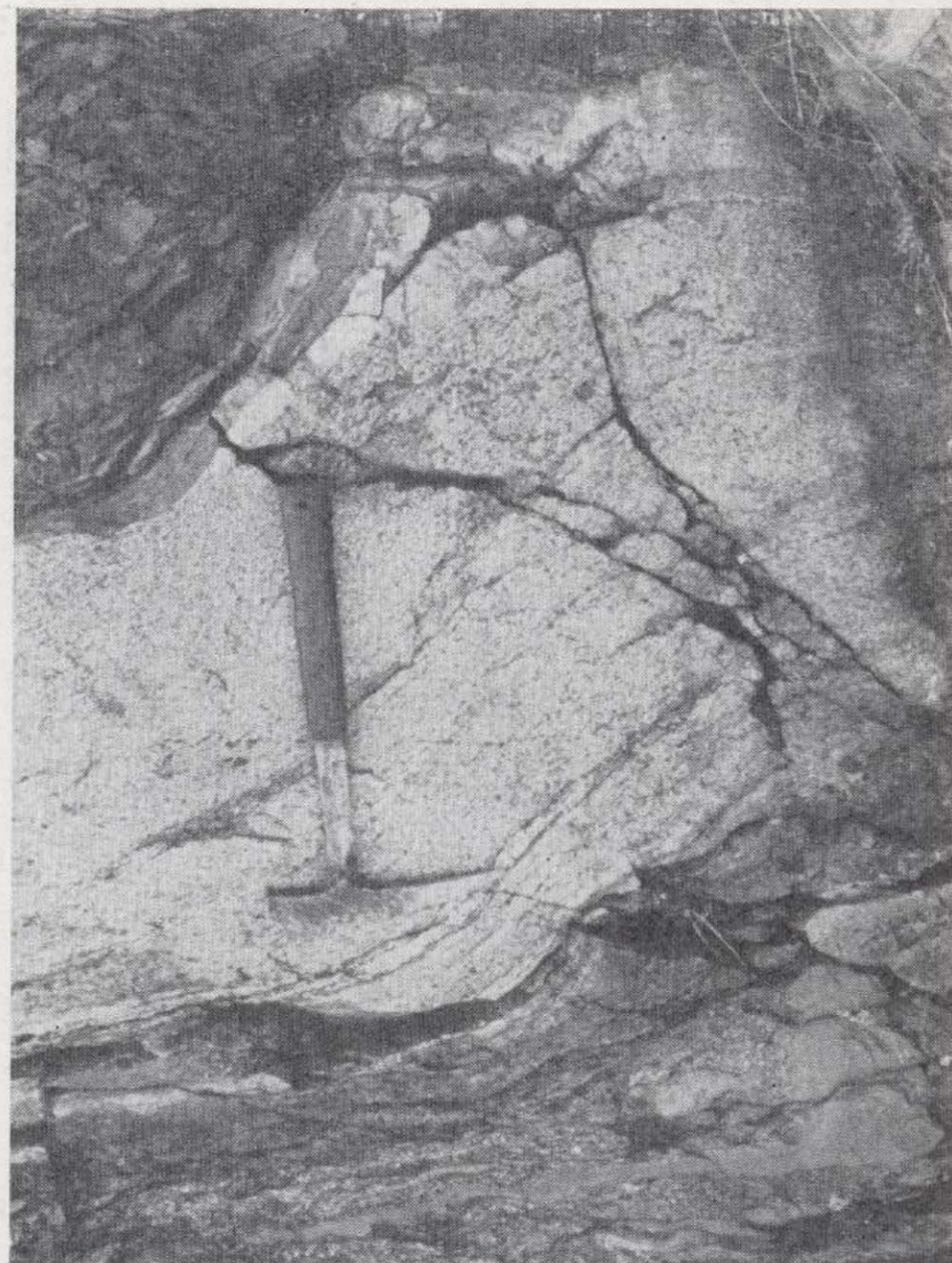


Fig. 6.—Banda de máxima granitización en los «porfiroides» de Valencia de las Torres.



Fig. 5.—Gneises pizarrosos con finas laminaciones cuarzo-feldespáticas de Acetuchal.



Fig. 7.—Fenómenos de granitización a pequeña escala con laminaciones y formación de glándulas, en Higuera de Llerena.

semejante a los afloramientos anteriores, desde N-30-W hasta casi N-S, con buzamientos de 30 a 70° hacia el NE.



Fig. 4.—Gneises glandulares «blastomiloníticos» de Almendralejo (I. L. M. 44961 NP x 9,5).

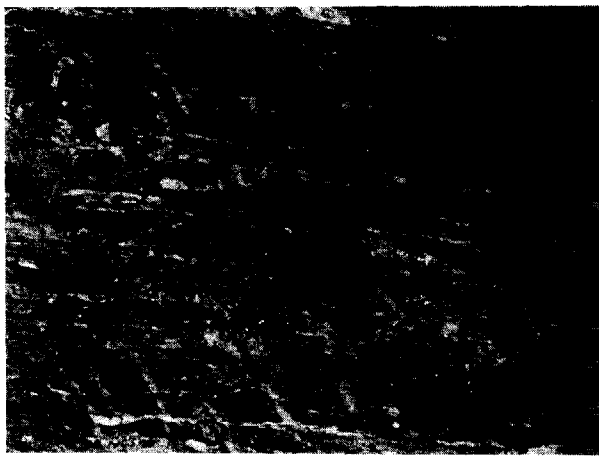


Fig. 5.—Gneises pizarrosos con finas laminaciones cuarzo-feldespáticas de Aceuchal.

Es la zona en donde los «porfiroides» están mejor representados por diversas facies texturales-mineralógicas. Es además la zona en que se pue-



Fig. 6.—Banda de máxima granitización en los «porfiroides» de Valencia de las Torres.

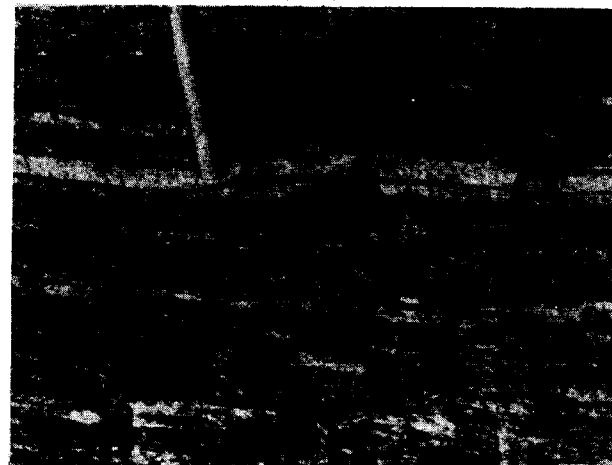


Fig. 7.—Fenómenos de granitización a pequeña escala con laminaciones y formación de glándulas, en Higuera de Llerena.

de estudiar mejor el paso gradual de las rocas sedimentarias a estas rocas con facies aparentemente más o menos metamorizadas y en donde se pueden apreciar muy bien inyecciones graníticas a diversas escalas (fig. 6) con difusiones y glandularizaciones (fig. 7).

La composición mineralógica de estos gneises porfiroides es variable no sólo longitudinalmente, sino también transversalmente. A grandes rasgos podemos distinguir dos tipos de porfiroides por su composición mineralógica; unos constituidos por glándulas cuarzosas y plagioclásicas (28 por 100 An), y otros por cuarzos y feldespatos potásicos tipo ortosa fundamentalmente. Entre estos dos tipos extremos existe toda una gradación de composiciones.

Las rocas regionales encajantes son pizarras lutíticas arcillo-micáceas con cuarzo y a veces granates más o menos desarrollados. Como en todas las demás zonas hay un tránsito gradual de estas rocas a los gneises porfíricos.

En un punto (Valencia de las Torres) donde las rocas características tienen aspecto pizarroso

aparecen cristales de distena, sillimanita y granates, citados por Bard (1967) y otros autores, la mayoría alineados con cristales de cuarzo y feldespatos de neoformación y todos englobados por una matriz poco metamorizada de característi-

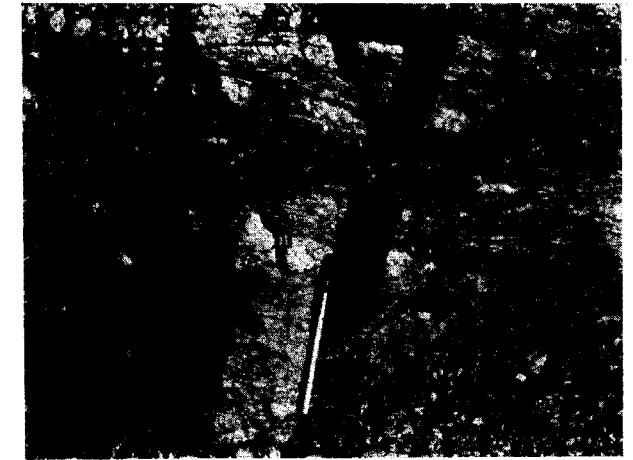


Fig. 9.—«Porfiroides» de la Cardenchosilla (Azuaga).

cas arcillo-micáceas (fig. 8). La existencia de aquellos materiales ha servido para que se consideraran estas rocas como afectadas por un metamorfismo de tipo medio a elevado (Bard, J. P., 1967; Hernández Enrile, J. L., 1971, y Vegas, R., 1971).

Intercaladas dentro de esta extensa y variable gama de porfiroides aparecen rocas anfibólicas, generalmente foliadas, constituidas por anfíboles que oscilan entre hornblendas actinolíticas y richteritas (?), además de cuarzo y plagioclasas.

Las rocas gneísicas de Azuaga comprenden una amplia banda, situada entre esta población y Granja de Torrehermosa. Hacia el NW se pierden a causa de estar recubiertas por el Terciario, mientras que hacia el SE pasan gradualmente a rocas sedimentarias de aspecto poco metamorizado (Sierra de Albarrana). Esta banda comprende rocas que en el campo presentan aspectos de cuarcitas y esquistos con intercalaciones de rocas gneísicas generalmente poco glandulares, excepto en la zona de la Cardenchosilla (fig. 9), en donde aparecen facies muy semejantes a las de Valencia de las Torres.

Petrográficamente son rocas cuarcíticas de texturas laminares, con variable proporción de feldespatos alcalinos (ortosa, microclina) y plagioclasas (An 20 por 100), y niveles micáceos de diferente cristalinidad. En una estrecha faja de algunos metros e intercalada en las rocas gneí-



Fig. 8.—Pizarras granitizadas del contacto con «porfiroides», con sillimanita y distena poco desarrolladas, de Valencia de las Torres.



Fig. 8.—Pizarras granitizadas del contacto con «porfiroides», con sillimanita y distena poco desarrolladas, de Valencia de las Torres.

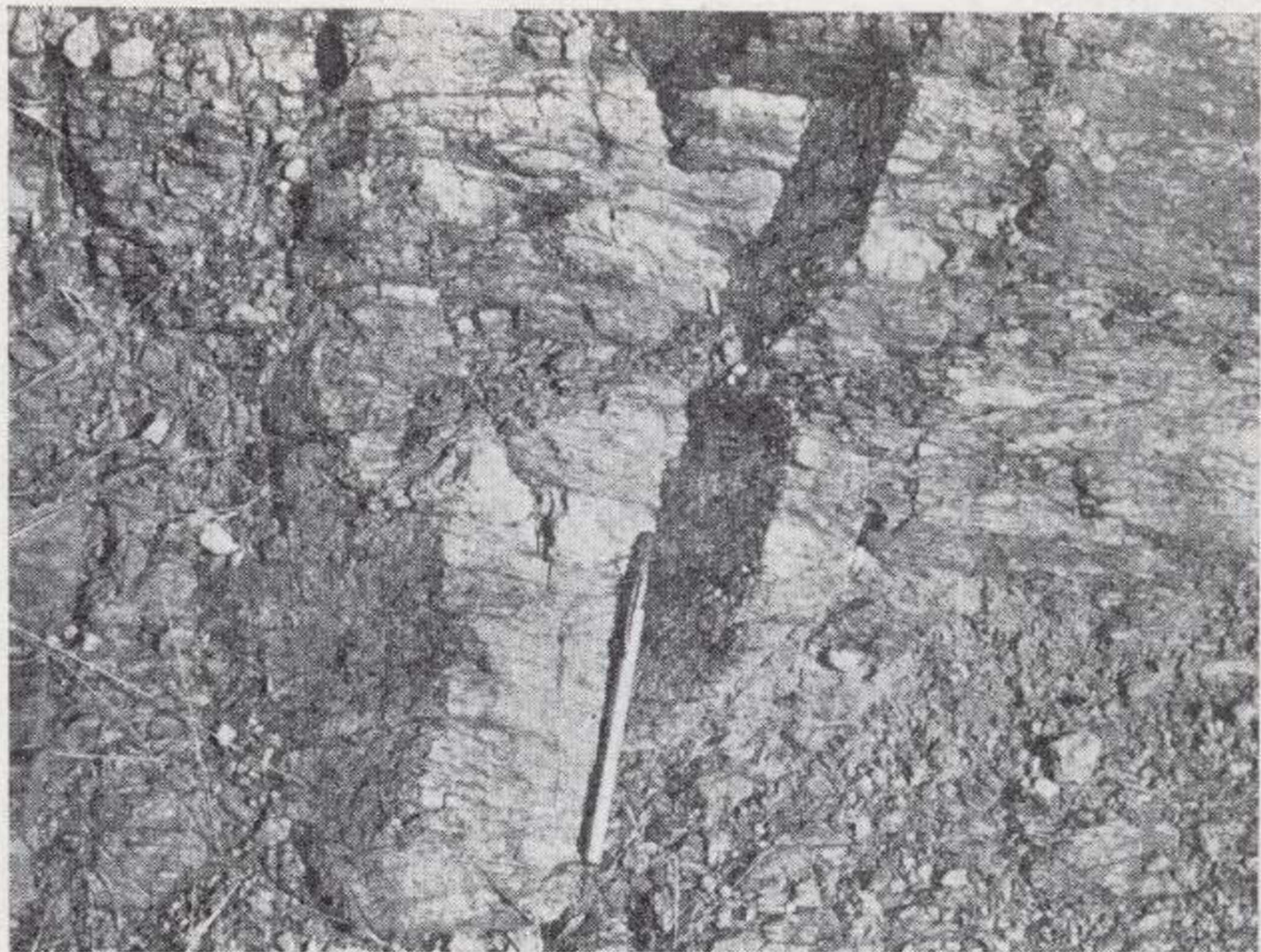


Fig. 9.—«Porfiroides» de la Cardenchosilla (Azuaga).

sicas-esquistosas aparecen unos gneises que contienen distena y granate además de cuarzo, ortosa, moscovita y biotita, y otros que presentan sillimanita (fig. 10). Estos gneises con minerales metamórficos son muy semejantes a los de Valencia de las Torres, aunque aquí están mejor desarrollados.



Fig. 10.—Gneises de grano fino con granates y distena de las cercanías de Azuaga (I. L. M. 44952 NP x 16).

El afloramiento de Malcocinado es por su extensión, así como por el desarrollo de las facies «porfiroides», el menos importante. Corresponde a rocas de aspecto sedimentario nada o muy poco metamorfizadas, que presentan algunos cristales de pequeño tamaño cuarzo-feldespáticos (fig. 11). Al microscopio es obvia su naturaleza sedimentaria por la abundancia de matriz arcillosa y micácea de tipo sericítico. Son lutitas arcillosas con apenas pizarrosidad, que engloban cristales generalmente poco abundantes, de cuarzo, y plagioclasas, con ortosas subordinadas. Si no fuera por los caracteres sedimentarios indudables (composición, textura), y paso gradual a las rocas sedimentarias (lutitas) no sería difícil clasificarlas como rocas volcánicas ácidas.

II. GEOQUÍMICA

Se han realizado tres análisis químicos en la zona de Valencia de las Torres, de porfiroides y de la roca sedimentaria «encajante».

	1	2	3
SiO ₂	59,70	73,15	72,00
Al ₂ O ₃	21,41	14,43	13,56
Fe ₂ O ₃	2,64	1,00	0,68
FeO	4,24	1,01	1,30
MnO	0,14	0,08	—
MgO	1,90	1,31	1,31
CaO	0,70	0,28	0,70
Na ₂ O	1,19	3,94	2,99
K ₂ O	3,44	2,60	5,49
TiO ₂	0,96	0,15	0,26
P ₂ O ₅	0,15	0,08	0,08
H ₂ O	3,06	1,91	1,47
	99,53	99,94	99,84

1. Lutita arcillo-micácea de Valencia de las Torres (38279 I. L. M.).
 2. Gneis «porfiroide» de Hinojosa del Valle (39749 I. L. M.).
 3. Gneis «porfiroide» de Hinojosa del Valle (39750 I. L. M.).
- Analista: Vallejo y De la Puente, Laboratorio de Geoquímica del Departamento de Petrología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid.

Como puede apreciarse los «porfiroides» son más ricos en sílice y álcalis y más pobres en alúmina que la roca sedimentaria del contacto.

III. ANTECEDENTES PETROGENÉTICOS

Hay una diversidad de opiniones sobre la clasificación e interpretación petrogenética de estas rocas y que con una denominación tan ambigua no sólo de gneises sino de «porfiroides», engloban una gran variedad de tipos petrográficos desde rocas sedimentarias como arcosas y conglomerados hasta rocas volcánicas del tipo riolítico, tobas y cineritas.

A pesar de reconocer rocas de origen tan diverso todos los autores coinciden en clasificar a dichas rocas como pertenecientes a una banda metamórfica de metamorfismo medio a elevado.

Lotze (1945) las considera análogas a unas de la provincia de Huelva, en donde las define como de origen volcánico.

Fricke (1951) estudia los porfiroides de la

zona de Malcocinado desde el punto de vista estratigráfico, aunque dice que son de origen volcánico, milonitizadas y que están debajo de los conglomerados basales del Cámbrico. Dice que son semejantes a los descritos por Lotze en la provincia de Huelva.



Fig. 11.—Pizarras de Malcocinado, poco foliadas, con desarrollo incipiente de «fenocristales» de cuarzo y feldespatos (I. L. M. 44966 NC x 9.5).

Parda Pondal et al. (1964) relaciona los porfiroides de Aceuchal con la formación de «Ollos de Sapo» a causa de sus caracteres comunes y que según él están formados por arcosas, conglomerados arcósicos y rocas riolíticas.

Bard (1967) dice que estas rocas corresponden a una alineación metamórfica, constituidas por ortogneises originados del «écrasement» de viejos macizos graníticos, o también del metamorfismo de antiguos porfiroides del tipo «Ollo de Sapo». Así las rocas gneísicas de Aceuchal las define como ortogneises originados de granitos «in situ», mientras que las de Almendralejo como granitos «ecrasés»; en todas ellas observa una microclivación y albitización de los feldespatos tipo ortosa. Con relación a las rocas de Valencia de las

Torres afirma que son ortogneises tipo «Ollo de Sapo», relacionándolas con las del mismo nombre en Galicia por la existencia de cantos de «feldespatos antemtamórficos» y que según él corresponden al Infracámbrico.

Este mismo autor, en su tesis doctoral (1969), dice que en la serie porfiroide de Bodonal, que atribuye al Precámbrico superior, hay niveles lenticulares de riolitoides afaníticos que presentan una pasta cuarcítica criptocristalina con algunos fenocristales subidiomorfos de feldespatos alcalinos. Los porfiroides que engloban estas vulcanitas son materiales gneisoides originados del «écrasement» de antiguas arcosas o de tobas riolíticas. El origen detrítico de los porfiroides, dice, está probado por la presencia esporádica de cantos ovoides de cuarcitas y por una grano-clasificación grosera más o menos perturbada por la esquistosidad. Observa que la facies porfiroide de arcosa grosera converge hacia un granito porfiroide tipo rapakivi, atribuyendo su origen al desmantelamiento de un zócalo Precámbrico o afloramiento de granitos de tipo rapakivi.

Hernández Enrile (1971) define los «porfiroides» de Villalba de los Barros y Aceuchal como formados por materiales detríticos y metamórficos que forman parte del anticlinorio Almendralejo-Azuaga. Estos «porfiroides», según él, presentan un metamorfismo más elevado que las demás rocas del Cámbrico. Relaciona las facies más metamórficas con los gneises de Almendralejo. Por las características estructurales-textuales y composición mineralógica llega a la conclusión que estas rocas corresponden a rocas volcánicas del tipo de tobas riolíticas y cineríticas (anteriormente Bard las había clasificado como granitos «ecrasés»). Con relación a los «porfiroides» de Llera y Valencia de las Torres, que pueden interpretarse como una continuación de los de Villalba de los Barros, está de acuerdo con Bard en que presentan un metamorfismo elevado. A su vez correlaciona estas rocas con las de Azuaga y Malcocinado.

Vegas (1971) dice que las rocas de la zona de Valencia de las Torres están afectadas por fuerte metamorfismo regional progresivo de tipo mesocatazonal; y que superpuesto a la serie detrítica «serie Negra», atribuida al Precámbrico, hay una formación detrítica metamorfizada de caracteres análogos al «Ollo de Sapo» del Centro y NW de la Península; insinúa que estos niveles detríticos podrían corresponder a una formación conglomerática basal. Dentro de los gneises de esta zona distingue dos tipos: gneises glandulares, de origen discutible, y granitos metamorfizados; para aquéllos admite la posibilidad de que sean



Fig. 10.—Gneises de grano fino con granates y distena de las cercanías de Azuaga (I. L. M. 44952 NP \times 16).



Fig. 11.—Pizarras de Malcocinado, poco foliadas, con desarrollo incipiente de «fenocristales» de cuarzo y feldespatos (I. L. M. 44966 NC \times 9,5).

metaconglomerados y que por la presencia de minerales metamórficos como cordierita, sillimanita y distena los atribuye a un metamorfismo de tipo meso-catazonal intermedio entre Barrow e Idaho.

Gutiérrez Elorza et al. (1971) refiriéndose a estas rocas coinciden con los otros autores en que forman parte del núcleo anticlinorio «Almendralejo-Azuaga», afectado por un alto grado de metamorfismo y constituido por granitos orientados y filonitizados.

Delgado Quesada (1971), al estudiar la estratigrafía de los alrededores de Azuaga, describe rocas denominadas por él como «serie blastomilonítica». Este autor distingue dentro de esta serie, rocas de orígenes orto y parametamórficos en series de facies análogas y a veces muy próximas entre sí. Dicho autor, al establecer la estratigrafía de la Sierra Albarrana, cita una disarmonía petrológica de tipo metamórfico cuando afirma que «encima de una serie detrítica aparecen gneises cuarcíticos con sillimanita». Hace observaciones que creemos importantes en el aspecto petrogenético, cuando dice que muchos paragneises presentan una «migmatización» muy acusada que los asemeja a nebulitas, y también cuando cita el paso gradual entre los «gneises blastomiloníticos» con las series que él denomina arcósicas de la Sierra Albarrana.

IV. DISCUSIONES PETROGENÉTICAS

A) Sobre el origen volcánico

No aceptamos para las rocas de la zona estudiada la idea de un origen volcánico por la gran abundancia de datos, no sólo para definir nuevas ideas petrogenéticas, sino por la existencia de otros que creemos rechazan tal origen.

Uno de los caracteres más importantes en que se basan algunos autores para defender su hipótesis es la presencia de «porfiroblastos corroídos». El estudio minucioso petrográfico nos muestra que los porfiroblastos, generalmente de contornos muy poco definidos, indentan y a veces engloban material de la matriz, que es típicamente sedimentaria y prácticamente igual a la de las rocas sedimentarias regionales próximas y a las que se pasa gradualmente.

No es nada frecuente la existencia de una cristalinidad tan elevada, como la de los porfiroblastos, en rocas de tipo volcánico ácido. Los autores que defienden este origen explican la presencia de feldespatos de baja temperatura como feldespatos primitivos que han sufrido una «microclinización», aunque no explican el origen de la matriz (funda-

mentalmente sericítica), que es análoga a la de las rocas sedimentarias próximas a las que se pasa gradual y rápidamente.

Por nuestra parte, creemos que en rocas volcánicas de dicha naturaleza es muy frecuente la existencia de vidrio, pero también podía aducirse que los procesos metamórficos lo han cristalizado; pero es mucha casualidad que este proceso de recristalización origine minerales sericítico-micáceos análogos a los de las rocas sedimentarias adyacentes.

Aunque los caracteres petrográficos a pequeña escala parecen ya descartar este origen, lo es aún más cuando se realiza un minucioso estudio en el terreno de los caracteres estructurales, texturales y petrológicos de estas rocas y de las rocas encajantes.

Además de los caracteres citados ¿cómo pueden explicarse las siguientes observaciones? :

1) El paso gradual de estas rocas a las rocas sedimentarias por un lado y a veces a rocas graníticas por otro.

2) La existencia de una zonación geoquímica (mineralógica) no concordante con la zonación estratigráfica, ya que aquélla aparece casi siempre atravesando diversos niveles estratigráficos.

3) Por último, no todas las rocas volcánicas han sufrido procesos metamórficos, como ocurre en la zona de Bodonal-Monesterio, en donde unas rocas clasificadas como «porfiroides» y atribuidas al mismo origen, poco o nada metamorfizadas (Hernández Enrile, 1971), sus feldespatos son del tipo microclina y no aparecen feldespatos de alta temperatura.

B) Sobre el origen conglomerático

Descartamos para estas rocas un origen parcial o total a partir de conglomerados de tipo arcósico más o menos metamorfizados, como afirman algunos autores (Parga Pondal et al., 1964, y Vegas, 1971), por las siguientes observaciones:

1) Los supuestos «cantos» para nosotros son en unos casos «glándulas» originadas del estrangulamiento a veces rítmico, de las laminaciones, y en otros son aglomeraciones de cristales originados por difusión intergranular.

2) Existencia en muchos casos de una «zonación» en la composición zonal geoquímica de la granitización, que origina glándulas silíceas, semejantes a «cantos» de cuarcita en las zonas alejadas de los focos de granitización, y glándulas feldespáticas, sódicas primero, y luego potásicas, cerca de las fuentes de granitización.

3) Todos los «cantos» presentan casi siempre los bordes poco netos a causa de que se indentan con la matriz. A veces alternan «cantos ovoideos» poco netos de cuarzo, con grandes cristales idiomorfos de feldespatos.

4) Es difícil aceptar conglomerados constituidos casi enteramente por «cantos» de albita o de microclina, como ocurre en muchos «porfiroides».

Si a estas objeciones añadimos nuestras observaciones petrológicas y que describiremos a continuación, nos hacen desechar un origen conglomerático para dichas rocas.

C) Sobre el metamorfismo regional de estas rocas

No intentamos en la presente nota negar la existencia de procesos metamórficos de tipo regional, que diversos autores establecen y que atribuyen a facies de medio a elevado metamorfismo, ya que es indudable la existencia en algunos puntos de «credenciales» de tipo metamórfico, pero sí que queremos exponer ciertas consideraciones deducidas de nuestros estudios estructurales y petrográficos, que creemos modifican conceptos sobre los ambientes metamórficos en la zona estudiada.

1) En el campo es difícil «apreciar» rocas con caracteres estructurales y texturales-mineralógicos que permitan situarlas dentro de un ambiente metamórfico de tipo medio a elevado.

2) Es imposible el establecer series crecientes de metamorfismo regional a causa de la variabilidad de los tipos petrográficos, que a veces en una misma secuencia estratigráfica se repiten varias veces.

3) El carácter de «rocas gneísicas» ha sido definido, más por su composición mineralógica que por sus caracteres petrográficos, ya que gran parte de ellas constan de «porfiroblastos» cuarzo-feldespáticos rodeados de una matriz sedimentaria o muy poco recristalizada.

4) Para los que atribuyen un metamorfismo regional de grado medio a elevado en estas rocas, encontramos unas diferencias acusadas en el grado de recristalización, esquistosidad y paragénesis mineralógicas entre las laminaciones y zonas glandulares con la roca encajante, a causa de que ésta corresponde en muchos casos a rocas sedimentarias poco o nada metamorfizadas.

5) La existencia de varias bandas de rocas análogas y procesos metamórficos muy semejantes han motivado que aparezcan problemas petrológicos, que ya algunos autores han citado y otros los establecen al describir sus series estratigráfi-

cas, cuando niveles que corresponden a facies «más metamorfizadas», yacen sobre otras aparentemente «menos metamorfizadas».

6) La presencia esporádica de rocas anfibolíticas y esquistos diopsídicos en los gneises y porfiroides han servido a muchos autores para apoyar la tesis metamórfica, pero que para nosotros no son más que el resultado de procesos de granitización en rocas fundamentalmente dolomíticas (*).

7) La presencia de algunos minerales metamórficos (sillimanita y distena) aun dentro de algunos ambientes metamórficos que parecen definir, creemos que no deben utilizarse para hacer consideraciones regionales por aparecer en puntos muy localizados y por las observaciones y consideraciones que hacemos a continuación:

a) La sillimanita aparece en rocas poco metamórficas de tipo grauwáquico y arcósico que contienen cuarzo, sericita, micas, albita, feldespatos potásicos, etc., y que presentan un grado de recristalización y esquistosidad muy bajo, por lo que su origen tenemos que asociarlo a otros procesos, posiblemente de tipo metasomático, bajo un ambiente metamórfico regional poco acusado.

b) La distena, sólo presente en puntos aislados (Valencia de las Torres y Azuaga), en cristales generalmente no muy bien formados y asociados a rocas de metamorfismo generalmente bajo, con mediana recristalización y esquistosidad, la atribuimos a procesos muy localizados, donde los gradientes metamórficos y metasomáticos sean máximos, ya que en estos puntos no parece existir una relación entre las paragénesis mineralógicas con los ambientes metamórficos atribuidos a la distena en el metamorfismo regional, por lo que en principio no sería difícil pensar que el gradiente metamórfico de este mineral, bajo un ambiente químico activo de granitización, no esté bien definido.

8) Un carácter importante que no encaja con la idea de una serie creciente de metamorfismo regional es, no sólo la existencia de un paso lateral gradual rápido a rocas sedimentarias, sino lo que es más importante, que éste se realiza también longitudinalmente según la orientación estructural de estas rocas, lo que motiva que estas «facies metamórficas» se interrumpan más o menos bruscamente (fig. 1).

9) Otro dato, que creemos es importante señalar, es la existencia en áreas reducidas de rocas clasificadas como ortogneises y paragneises que

(*) Este proceso ha sido definido por los autores SÁNCHEZ CELA, 1971, y APARICIO YAGÜE y SÁNCHEZ CELA, 1972.

no son difíciles de relacionar, como ocurre en los alrededores de Azuaga, y también, el origen diverso establecido para las rocas gneísicas de las zonas de Almendralejo, Aceuchal y Valencia de las Torres, ya citados en los antecedentes petrogenéticos.

10) La presencia de microclina en estas rocas es para nosotros mucho más lógico explicarla como un «stress-mineral» originado durante la granitización, que por un proceso de «microclinización» de otros feldespatos.

EDAD DE LOS GNEISES Y PORFIROIDES

Casi todos los autores están de acuerdo en atribuir una edad comprendida entre el Precámbrico superior y el Cámbrico inferior para las rocas de la zona estudiada.

Nosotros, por el momento, no nos atrevemos a establecer conclusiones que posiblemente puedan ser prematuras, debido a que siguen persistiendo, según nuestra opinión, muchos problemas de índole estratigráfico, al no existir en dicha zona niveles guías característicos por debajo del nivel de Arqueociátidos, atribuido al Georgiense superior.

El problema de la edad de estas formaciones presenta para nosotros dos vertientes: la primera consiste en situar estratigráficamente la formación o formaciones sedimentarias en las cuales el porfiroide está «emplazado», y segunda determinar la edad del proceso petrogenético. Con los datos obtenidos de momento por nosotros sólo nos atrevemos a insinuar que las rocas detríticas, en donde fundamentalmente se emplazan los porfiroides y gneises de la zona, parecen corresponder a las formaciones constituidas por lutitas samíticas que yacen debajo de las series calco-dolomíticas correspondientes al nivel de Arqueociátidos. Esta vaga situación estratigráfica de la roca encajante concuerda con los datos estratigráficos suministrados por varios autores, aunque algunos hayan querido ver en la formación de porfiroides un nivel estratigráfico.

En cuanto al proceso petrogenético de formación de estas rocas no tenemos por el momento datos concretos, pues aunque a grandes rasgos hemos podido delimitar estratigráficamente este proceso, hay que advertir la ausencia, en gran parte de la zona estudiada, de series completas estratigráficas, sobre todo en el Paleozoico inferior, que nos pudieran servir para delimitarlo mejor. También hay que tener muy en cuenta el gradiente de este proceso, ya que aun en el caso de existir series estratigráficas completas, posiblemente las series superiores no hubieran sido afectadas

por este proceso a causa del gran espesor de las mismas.

Aunque a primera vista nos inclinamos por un proceso de granitización de edad antehercínica, sería muy interesante el que se pudieran correlacionar estas rocas con las existentes en la vecina Portugal (Elvas-Portalegre), que corresponden a una misma dirección estructural y que por los estudios de algunos autores y de los realizados por nosotros en aquella zona parece deducirse una estrecha relación entre ambas. Las edades absolutas para estas rocas de Portugal obtenidas por Mendes (1968) y Priem et al. (1969) oscilan entre 430 y 460 millones de años. De ser cierta esta relación, aquellas edades están de acuerdo con los datos obtenidos del estudio de este proceso con relación a los niveles estratigráficos existentes en la zona. Esta supuesta edad concuerda con las ideas sugeridas por Bard (1967 y 1969) sobre la edad de los procesos petro-estructurales de la zona estudiada.

No sería difícil por lo tanto atribuir el origen de gran parte de estas rocas a procesos de granitización originados durante fases de la orogenia Caledónica, ya que en los estudios petroestructurales, y en esto están de acuerdo algunos autores, se ha confirmado la existencia de una esquistosidad principal de origen antehercínico más o menos concordante con el desarrollo cristalino de dichas rocas.

Otro dato importante para situar la edad del proceso petrogenético, es la observación realizada por nosotros de que estas rocas no corresponden a un nivel estratigráfico definido, aunque esto, en parte, lo había apuntado algún autor anterior (Hernández Enrile, 1971) al establecer una diferencia estratigráfica entre los porfiroides y gneises de Villalba-Aceuchal, que atribuye al Cámbrico basal y los de Valencia de las Torres al Precámbrico superior.

NUEVAS CONSIDERACIONES PETROGENÉTICAS

Por nuestra parte, consideramos que las rocas gneísicas y porfiroides de la zona estudiada han sido originadas por un proceso petrogenético constituido fundamentalmente por una granitización sinorogénica, cuyo foco parece estar localizado en las masas graníticas del basamento, y que se traduce en inyecciones y difusiones a escalas muy variables (interestratales, interlaminares y sobre todo intergranulares) de elementos granitizantes en las rocas sedimentarias detríticas, bajo un ambiente químico activo (vapor de agua y otros volátiles) y gradientes metamórficos variables.

Es un proceso constructivo que se manifiesta por un aumento de volumen en la roca regional granitizada.

Esta difusión granitizante, que en algunos puntos es bastante considerable (más de 1.000 metros) es facilitada por las propiedades físico-químicas de las rocas sedimentarias regionales. Como se ha podido comprobar, estas rocas corresponden a series potentes y bastante monótonas de samitas micáceo-arcillosas y lutitas samíticas, que muestran caracteres bastante elevados de permeabilidad. Si a esto añadimos las «afinidades geoquímicas», a causa de su composición mineralógica, que facilitan la cristalización de los elementos granitizantes, no es difícil comprender este proceso de granitización.

Este proceso que creemos está encuadrado dentro de los fenómenos de «granitización», podría ser considerado por algunos autores como «migmatizaciones» de origen magmático (arteritas en el sentido de Sederholm), o como procesos de diferenciación metamórfica, según las ideas de Holquist, aunque éstas son difíciles de aceptar después de haber realizado el estudio petrológico.

En realidad es una granitización en que los procesos metasomáticos de reemplazamiento mineralógico son menos importantes que las «cristalizaciones» originadas por las inyecciones a estado molecular de la sílice que origina el cuarzo, o las cristalizaciones producidas por la reacción entre los álcalis y la sílice inyectados con los minerales micáceo-arcillosos muy ricos en alúmina para originar los feldespatos.

Uno de los problemas que podrían plantearse a causa de nuestra teoría petrogenética es el problema de espacio. Este aumento de volumen, comprobado por nosotros a escala estructural y textural, ha constituido uno de los puntos fundamentales en los que nos hemos basado para establecer dicha teoría.

El problema espacial de aumento de volumen se manifiesta por tres características que son fácilmente observables.

1.ª) Las rocas granitizadas constituyen estructuras domáticas muy replegadas con frecuentes fenómenos de «boudinage», lit-parlit replegados, glandularización, etc. (fig. 12).

2.ª) Se manifiesta una pérdida de la porosidad primitiva de la roca, a causa de que los espacios vacíos son ocupados en gran parte por los nuevos elementos introducidos y también, por el material primitivo que se agrupa en texturas más densas, que muchas veces motivan fenómenos de «recristalizaciones de contacto». Esto es indudable si se comparan las características texturales de la roca regional detrítica no «contaminada» y otra de su

misma serie que haya sufrido el proceso de granitización.

3.ª) Como consecuencia de lo anterior, se ma-

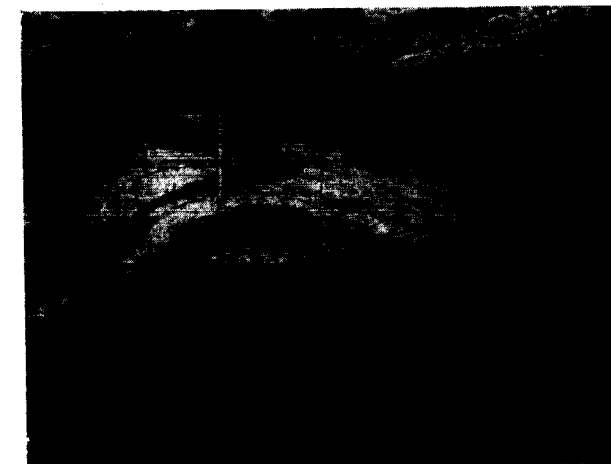


Fig. 12.—Deformaciones originadas por las inyecciones granitizantes en Higuera de Llerena.

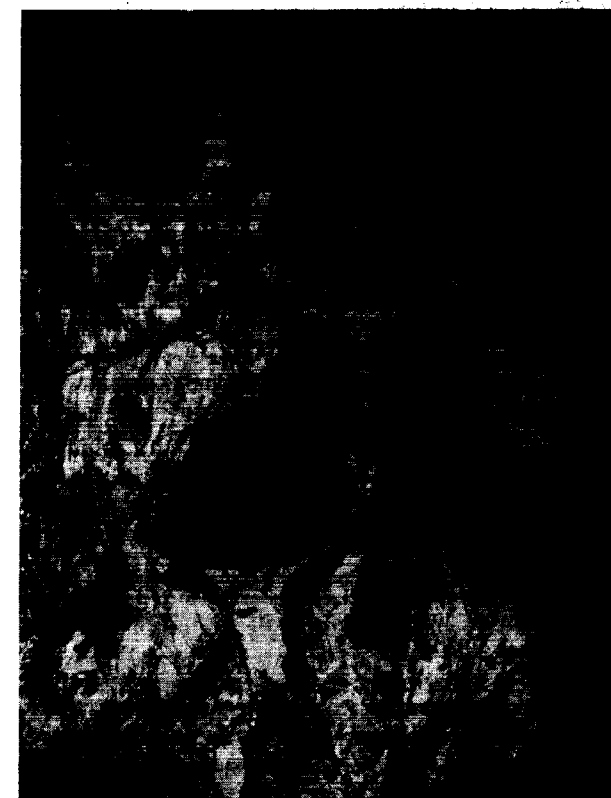


Fig. 13.—«Porfiroide» de Valencia de las Torres con texturas blastomiloníticas originadas por el crecimiento cristalino bajo tensión.

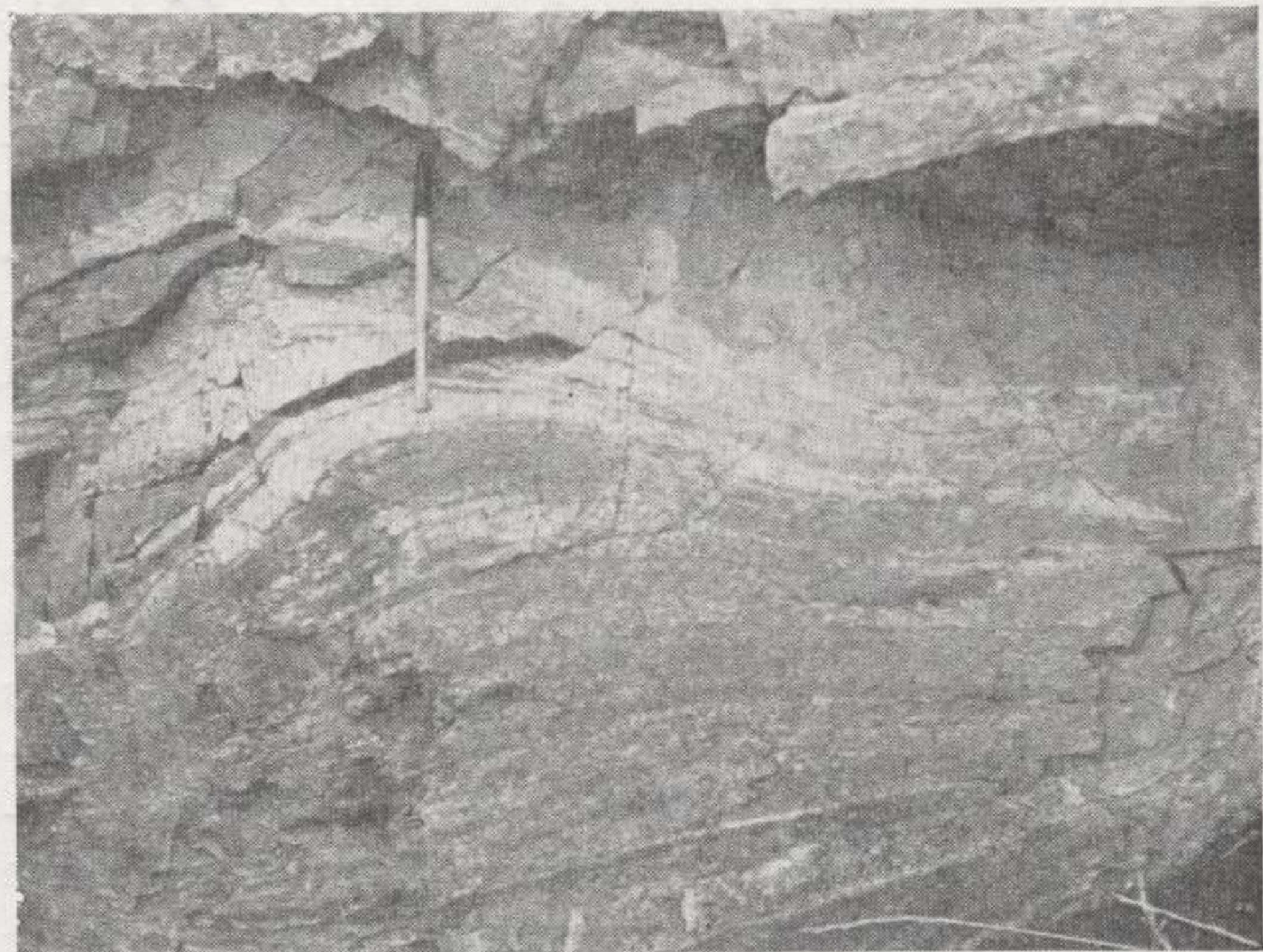


Fig. 12.—Deformaciones originadas por las inyecciones granitizantes en Higuera de Llerena.



Fig. 13.—«Porfiroide» de Valencia de las Torres con texturas blastomiloníticas originadas por el crecimiento cristalino bajo tensión.

nifiesta un aumento del peso específico de la roca a causa de su textura más masiva. Esto está tan manifiesto que no ha sido necesario realizar comprobaciones de pesos específicos.

Los caracteres estructurales y petrográficos de la mayoría de estas rocas nos indican que la granitización se ha realizado en un ambiente orogénico, que origina texturas blastomiloníticas muy variadas a causa del crecimiento bajo tensión de los cristales (fig. 13).

Se ha observado cierta zonación en la distribución de los elementos granitizantes con relación a los supuestos focos de las «emanaciones».

Las facies «superficiales», que recuerdan mucho a la roca regional a la cual pasan gradualmente, en sus diversas texturas, presentan paragénesis mineralógicas en general ricas en cuarzo y feldespatos tipo albita-oligoclasa con esporádicas presencias de feldespato potásico. Estructuralmente son rocas de aspecto poco metamórfico, con abundantes manifestaciones de inyecciones cuarzo-feldespáticas más o menos replegadas. Al microscopio presenta abundante matriz sedimentaria de tipo sericítico, que se indenta y a veces se «engolfa» en los cristales de nueva generación (cuarzo y feldespatos).

Las rocas que corresponden a las zonas más próximas a estos focos presentan facies más metamorfizadas a causa de su mayor cristalización, no sólo motivada por los elementos aportados bajo gradientes metamórficos más elevados, sino también por una mayor actividad química, lo que hace que los minerales arcillomíceos sedimentarios recristalicen en gran parte, originando micas que se orientan paralelamente al flujo de la granitización. El carácter mineralógico más acusado radica en el gran porcentaje de feldespatos potásicos (microclina y ortosa) con relación a los demás elementos graníticos.

Esta zonación está de acuerdo con los conocimientos actuales sobre los gradientes de difusión de los elementos granitizantes bajo ambientes físico-químicos determinados. También tenemos que aceptar que esta zonación podría interpretarse como originada por procesos metamórficos, pero esto, así como los gradientes de metamorfismo regional atribuidos a estas rocas, no están de acuerdo con los hechos observados por nosotros y ya citados anteriormente en las discusiones petrográficas.

Otro carácter importante es la existencia, en muchos casos, de un paso gradual de estas rocas sedimentarias de tipo pizarroso a otras clasificadas por diversos autores como arcosas, grauvacas, complejo esquisto-grauváquico, series cuarzofeldespáticas, etc. Estas rocas constituyen para nos-

otros, las «aureolas» más o menos alejadas de los procesos de granitización cuyo máximo desarrollo se manifiesta en los gneises y porfiroides. Estas consecuencias las hemos deducido del estudio sobre el terreno y luego, con abundantes secciones delgadas de aquellas rocas en las que se ve que gran parte de los «supuestos clastos» son cristales de neoformación, que presentan contornos poco definidos, indentados con la matriz arcillomícea más o menos recristalizada, y constituidos por cuarzos, a veces asociados en formas cuarcíticas, y feldespatos tipo albita, ortosa y microclina, análogos a los descritos en los gneises y porfiroides.

Este proceso explica: 1.º el que estas bandas de rocas definidas como de metamorfismo elevado se «pierdan» no sólo en sentido lateral sino longitudinalmente, con relación a las alineaciones estructurales, y 2.º las diferencias químico-mineralógicas entre la roca de caja, los gneises y porfiroides.

También este proceso petrogenético parece ser la causa de la confusión existente hoy día sobre la «situación estratigráfica» de estas rocas de denominación y contenidos tan variables, a las que unos autores han identificado como un nivel estratigráfico, y otros las atribuyen a distintos niveles.

Basándonos en la estratigrafía regional establecida por dichos autores, creemos que este proceso, posiblemente de edad antehercínica, parece afectar a rocas atribuidas desde el Precámbrico superior al Ordovícico.

Por el momento, no nos atrevemos a establecer consideraciones de tipo físico-químico, con las que pudiéramos definir los diferentes gradientes metasomáticos-metamórficos y el estado de los elementos aportados durante la granitización.

BIBLIOGRAFÍA

- BARD, J. P. 1967. *Granites écrasés et orthogneiss «Ollo de Sapo» à disthène dans la bande métamorphique de Badajoz-Azuaga (Badajoz, Espagne) et le problème d'un socle briovérien dans le Sud de l'Espagne.* «C. R. Acad. Sc. Paris», 265, 1875-1878.
- 1967. *Le métamorphisme régional progressif des Sierras d'Aracena en Andalousie occidentale (Espagne); sa place dans le segment hercynien sub-iberique.* «Thèse Fac. Sc. Montpellier», 397 p.
- y FABRIES, J. 1970. *Aperçu pétrographique et structural sur les granitoides de la Sierra Morena occidentale (Espagne).* «Bol. Geol. Min.», 81, 226-241.
- DELGADO-QUESADA, M. 1971. *Esquema geológico de la hoja 878 de Azuaga (Badajoz).* «Bol. Geol. Min.», 82, 277-286.

- FRICKE, W. 1951. *Die Geologie des Grenzgebietes Zwischen nordöstlicher Sierra Morena und Extremadura.* «Z. Dtsch. Geol. Ges.», 103, 136-138.
- GUTIÉRREZ ELORZA, M., HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. y VEGAS, R. 1971. *Los grandes rasgos geológicos del Sur de la provincia de Badajoz y Norte de la de Huelva.* «Bol. Geol. Min.», 82, 269-273.
- HERNÁNDEZ ENRILE, J. L. 1971. *Las rocas porfiroides del límite Cámbrico-Precámbrico en el flanco meridional del Anticlinorio Olivenza Monesterio (Badajoz).* «Bol. Geol. Min.», 82, 359-370.
- LOTZE, F. 1945. *Algunos problemas de la meseta ibérica.* «Publ. Extr. S. Geol. Esp.», t. V. Madrid, 1950. Traduc. de *Einige problème der Iberischen Meseta.* «Geotektonische Forsch.», 1-12.
- MENDES, F. 1968. *Contribution à l'étude géochronologique*

par la methode au Strontium des formations cristallines du Portugal. «Bol. Museo Lab. Min. Geol. Fac. Cien Lisboa», 11, 157 p.

FARGA PONDAL, I., MATTE, P. y CAPDEVILI, R. 1964. *Introduction à la géologie de l'«Ollo de Sapo». Formation porphyroide antesilurienne du nord ouest de l'Espagne.* «Notas y Com. Inst. Geol. y Min.», 76, 119-154.

PRIEM et al. 1970. *Dating events of acid plutonism through the Paleozoic of the Western Iberian Peninsula.* «Eclogae Geol. Helvetiae», 63, n.º 1.

VEGAS, R. 1971. *Geología de la región comprendida entre la Sierra Morena occidental y las Sierras del N de la provincia de Cáceres (Extremadura española).* «Bol. Geol. Min.», 82, 351-358.

Recibido: 15-VII-72.

INFORMACION

Los recursos mineros de Teruel y su Investigación

Conferencia pronunciada por el Director del IGME, Sr. Izaguirre Rimmel, el día 15 de Junio de 1972, en el Instituto de Estudios Turolenses y dentro del III Ciclo de Conferencias sobre «Problemas de la vida actual». El acto estuvo presidido por el Gobernador Civil y otras altas personalidades provinciales y locales

Es para mí un honor y una satisfacción el tener la ocasión de dirigirles la palabra desde esta tribuna de la Sociedad de Estudios Turolenses.

Mis casi ocho años de convivencia con vosotros, en una etapa de mi vida profesional, me han dado la ocasión de conocer esta dura y entrañable tierra turolense, y comprobar el tesón y la fe contagiosa de sus hijos.

Apartado físicamente en los últimos meses de vosotros, sigo y seguiré conservando siempre la nostalgia de esta tierra y de los buenos amigos que aquí he dejado.

Por ello, esta invitación que me da la ocasión de convivir y charlar, aunque sólo sea por breves horas, con vosotros, es, además de un inmerecido honor que me haceis, una alegría para mí.

He elegido, como tema de mi conferencia, uno que creo tiene importancia para esta provincia y su desarrollo económico y social: *el de sus recursos mineros*.

Pasaremos revista a los más importantes de estos recursos, y a sus posibilidades de contribuir con su explotación al desarrollo industrial de Teruel y de España. Como actualmente dirijo las actividades del IGME, os procuraré explicar, además, qué es y qué labor desarrolla este Organismo y qué papel espera jugar en la investigación de estos recursos mineros de Teruel.

IGME

El IGME es un Organismo dependiente del Ministerio de Industria. Aunque su historia es muy larga —fue fundado en 1849, con la denominación de «Comisión para la formación del Mapa Geológico de España»—, no quiero aburrirlos relatando sus vicisitudes, reformas y evoluciones a lo largo de sus casi ciento veinticinco años de existencia.

Lo importante, a mi juicio, es su presente y de él voy a hablaros.

Son cinco sus actividades principales en la actualidad: Investigación de yacimientos de minerales y rocas industriales, Investigación de recursos de aguas subterráneas, Ejecución y publicación de la cartografía geológica de España, Estudios de geotecnia minera y Estudios y publicación de la cartografía geotécnica.

El Plan Nacional de la Minería que, elaborado por la Dirección General de Minas, como directriz básica de la política minera del país ante el futuro, mereció la aprobación del Gobierno y ha sido tomado en consideración por el III Plan de Desarrollo Económico y Social, comprende cuatro Programas Básicos de actuación:

El Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM).

El Programa Nacional de Explotación Minera (PNEM).

El Programa de Legislación Minera.

El Programa de Seguridad y Política Social Minera.

El primero de ellos —Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM)— ha sido elaborado y está siendo ejecutado por el IGME, en la parte que corresponde a la Administración. Las actividades principales del IGME, a que antes me refería, encajan en los planes sectoriales de este Programa Nacional de Investigación Minera.

INVESTIGACIÓN DE RECURSOS MINERALES

La labor del IGME se centrará en la evaluación y catalogación de los principales yacimientos de sustancias minerales de España, sobre todo, de aquellos actualmente poco estudiados y valorados. Un estudio económico previo, de-

terminó las 22 sustancias prioritarias, en razón a su importancia para el desarrollo industrial de nuestro país; por su creciente consumo o su escasez; sobre ellas, y *completando la actividad investigadora de la iniciativa privada*, debe centrarse el esfuerzo investigador del IGME. Una recopilación previa realizada los últimos años de los datos conocidos sobre indicios y yacimientos del país, ha servido de base de partida para la fijación de áreas de interés, es decir, de zonas poco conocidas y, sin embargo, con importantes posibilidades de encontrar en ellas reservas de las sustancias prioritarias. Un archivo metalogenético, con el apoyo de ordenadores, y una cartografía de indicios mineros del país a escala 1:200.000 han plasmado estos datos en forma gráfica y operativa. El mapa correspondiente a Teruel, lo tenéis ante vosotros y volveremos sobre él más adelante.

(La lista de sustancias mineras más importantes está formada por el hierro, el plomo, el cinc, el níquel, el aluminio, el estaño, el wolframio, las piritas y sulfuros complejos, el cobre, los carbonos, el bismuto, el titanio, etc., etc.).

INVESTIGACIÓN DE ROCAS INDUSTRIALES

En este campo la labor del IGME se centrará en la elaboración del llamado Mapa de Rocas Industriales de España, a escala 1:200.000. En él se señalarán los principales yacimientos y explotaciones de estas rocas, cuya importancia industrial es cada día mayor. Por otra parte, se elaborarán Estudios Sectoriales, que comprenderán regiones extensas del país, donde se estudiarán los yacimientos existentes de determinadas rocas, la forma de mejorar las explotaciones actuales y la comercialización de sus productos. Se continuará el Programa Sectorial de Yesos y se iniciarán los de Rocas de la Construcción y Ornamentales, Rocas para las Industrias Cerámicas y del Vidrio, y el Programa Sectorial de Aridos, citando sólo los más importantes.

Las explotaciones a gran escala, posibles en nuestro país, podrán planificarse sobre la base de estos Estudios Sectoriales y estos Mapas de Rocas Industriales.

INVESTIGACIÓN DE RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA

Se trata de localizar, evaluar y estudiar la forma racional de explotar los grandes recursos de aguas subterráneas de España y sus archipiélagos, hoy día poco conocidos aún y, muchas veces, anárquicamente explotados. Constituyen una reserva importantísima para abastecer nuestras crecientes necesidades de agua, si se explotan con conocimiento suficiente y racionalmente. Para que os deis cuenta de las posibilidades que encierran los grandes embalses subterráneos de las zonas permeables del país, puedo deciros que la primera evaluación global —ejecutada recientemente por el IGME, al trazar el primer Mapa Hidrogeológico Nacional—, eleva la capacidad de estos embalses subterráneos a una cifra de 220 Hm³ (220.000.000 m³), frente a una capacidad de los embalses de superficie —los actuales y los que

son económicamente realizables en el futuro—, de 65 Hm³ (65.000.000 m³). Es decir, que los embalses subterráneos tienen cuatro veces más capacidad de embalse que los de superficie ya construidos más los que se puedan construir. No los empleamos porque, en general, permanecen llenándose y vaciándose de forma natural.

Figuraos lo absurdo que sería hacer esto con las grandes presas; de esa forma no regularían los ríos, ni se aprovecha el agua embalsada en los períodos de estiaje.

El Plan PIAS (Programa de Investigación de Aguas Subterráneas), viene a llenar esta necesidad, de conocimiento y explotación ordenada y racional de nuestras aguas subterráneas.

GEOTECNIA MINERA

Esta actividad del IGME, aún en sus comienzos, persigue aplicar la técnica moderna de la mecánica de las rocas, a las explotaciones mineras, ayudando, en lo que sea posible, a la intuición y la experiencia en la ejecución de labores subterráneas, y, en definitiva, buscando una mayor seguridad y economía en los trabajos. Gradualmente el IGME irá ampliando su actividad en este campo de la explotación minera. No existe todavía en España ningún Organismo técnico e investigador que ayude a resolver los numerosos problemas de explotación, mecanización, planificación de nuevas minas, preparación y lavado de minerales, ensayos de material minero, etc. El IGME llenará, gradualmente, en la medida de sus posibilidades, estas necesidades. Algunas actividades, como la preparación de minerales, ya las desarrolló con solera de muchos años; otras, se están iniciando ahora y se irán ampliando gradualmente. El III Plan de Desarrollo prevé la creación de un Centro Tecnológico del Subsuelo que se dedicará de lleno a estos estudios de técnica minera.

CARTOGRAFÍA

Como es natural, el Mapa Geológico Nacional, actividad primaria del IGME, continuará a lo largo de estos años. Está a punto de completarse la publicación de la cartografía geológica completa de España, en la escala de 1:200.000. Empieza con el llamado Plan MAGNA, la segunda edición del Mapa de España, a escala 1:50.000, que pretendemos se realice con una gran calidad, basada en los medios modernos, muy superiores a los empleados en el pasado, y que resultará comparable con la de las cartografías que actualmente se realizan en los países más desarrollados del mundo. El plan es ambicioso y empleará dieciséis años en completar las 1.200 hojas que cubren nuestro país a esta escala. La geología es una herramienta básica en la investigación minera, hidrológica y geotécnica, y hemos de dedicarle una atención excepcional.

Paralelamente (y a escala 1:200.000), se publicará el Mapa Geotécnico de España, fundamental para los proyectos de

toda clase de edificaciones y la planificación de obras públicas. Su utilidad en la programación de los desarrollos regionales esperamos sea muy grande.

Otras cartografías que elabora el IGME y seguirá elaborando en lo sucesivo, son los Mapas Hidrológicos, consecuencia de los estudios de hidrogeología o aguas subterráneas de que antes os hablaba, y los Mapas Geofísicos del país.

Estas son, incompletas y extractadas, las principales actividades que tenemos encomendadas y hemos empezado a desarrollar. La labor es grande, pero confiamos en salir airoso del empeño y servir, así, al desarrollo de España y de todas las regiones que la constituyen.

Hecha esta exposición de nuestros objetivos, podemos entrar, ahora, en la materia que, sin duda, os interesa a todos: en qué afectan estos trabajos que hemos emprendido a Teruel.

Creo que era necesario deciros lo anterior para que os dierais cuenta de lo que del IGME podéis esperar, dentro de este amplio programa que pretende llevarse a buen término a través del *Plan Nacional de Minería*.

TERUEL

Teruel, dentro de sus duras condiciones naturales, creo que ha sido bien dotada por Dios de recursos minerales. Muchos de ellos han sido bien explotados, otros no tanto y, algunos, claramente os puedo decir que han permanecido muy por debajo de sus posibilidades.

Una provincia con tanta necesidad de elevar su nivel económico como es Teruel, tiene que preocuparse de potenciar sus recursos naturales al máximo. Me consta la enorme preocupación de todas las autoridades, transmitidas al pueblo entero, para aprovechar estos recursos; he vivido estas inquietudes en el pasado y puedo comprobar que ese fuego sagrado sigue vivo. Yo las comparto y puedo aseguraros que, en lo que en mi mano esté, haré lo posible para contribuir con mi modesta colaboración.

Hablaremos sucesivamente de los recursos mineros que, creo, tienen en Teruel más importancia.

EL LIGNITO

Entre las mal evaluadas reservas de carbón de España el lignito ocupa un lugar importante y, Teruel (con sus 350 millones de toneladas), aparece en primer lugar entre las provincias españolas en producción y en reservas de esta clase de carbón.

El problema del lignito en Teruel es el que afecta, con carácter mundial, a los carbones no coquizables. Su empleo como fuente de energía térmica, soporta desde hace bastantes años la competencia creciente de las otras fuentes de energía: los combustibles líquidos y gaseosos y la energía nuclear.

En esta lucha por los mercados, el carbón tiene una des-

ventaja importante: requiere mano de obra para su obtención, en volumen muchísimo mayor que las otras fuentes de energía térmica o nuclear. Y, hoy en día, con un país adelantado en su desarrollo económico e industrial, el hombre de la mina no acepta este trabajo ingrato y duro más que a cambio de disfrutar de condiciones económicas excepcionales, que le compensen de su renuncia a otras formas más cómodas de ganarse la vida.

En esta carrera de precios por conquistar al consumidor de energía, sólo hay una solución verdadera: abaratar el costo de producción. Los apoyos oficiales son, a la larga, poco útiles y sirven sólo, como lo demuestran los antecedentes de otros países europeos, e incluso de nuestro propio país, para escalar un cierre paulatino de las explotaciones. Esto naturalmente a Teruel no le conviene y debe luchar por evitarlo, logrando que su minería de lignito se coloque en una posición competitiva que le permita subsistir, sin languidez y con firmeza.

Los yacimientos tienen una ventaja importante: son de gran regularidad y relativamente fáciles de explotar. Esto hace posible una mecanización del arranque, y la extracción muy completa, que reduzca en sus costos el peso de la mano de obra, al aumentar los rendimientos por hombre, y suavice la dureza del trabajo, al convertir a sus mineros en verdaderos especialistas que reemplacen la pala y el pico por el cuadro de mandos o la llave inglesa. El proceso se inició hace años, debe seguir, y aún más de prisa. Paralelamente las explotaciones deben aumentar de tamaño, reemplazando las pequeñas minas, demasiado numerosas actualmente, por cada vez mayores pozos de extracción.

No bastaría con esto, si el producto de las minas de Teruel hubiera que transportarlo a largas distancias. El carbón de Teruel hay que consumirlo en bocamina, en grandes centrales térmicas, ya que es mucho más barato transportar la energía transformada en electricidad. El camino ya se inició con la primera gran central térmica refrigerada por aire, que soluciona el problema de la insuficiencia de agua para la refrigeración de centrales por los sistemas convencionales.

Todo esto lo sabéis bien aquí, pero conviene repetirlo. Las minas necesitan dinero para mecanizarse a un ritmo mucho más rápido que hasta ahora, facilidades de toda clase para la adaptación de sus plantillas y la conversión de sus mineros en especialistas y, finalmente, la ampliación de las centrales de bocamina y la creación de otras nuevas, que eviten largos transportes de carbón.

Así podrá mantenerse y desarrollarse esta importante fuente de riqueza provincial, y hacer de Teruel una provincia productora de electricidad. Tarde o temprano, en nuestro país, cesará la uniformidad en el costo de la energía eléctrica, y las zonas próximas a las centrales tendrán unos precios de energía inferiores a las alejadas de ellas, lo cual es lógico y sucede con todos los productos que se encarecen al transportarlos. El disponer de energía eléctrica más barata, constituirá siempre un aliciente para el establecimiento de industrias en las cuales el costo de la energía

consumida tiene importancia y peso, a la hora de decidir su emplazamiento.

EL HIERRO

El grado actual de conocimientos de las reservas de mineral de hierro en España, evalúa éstas en un total de unos mil millones de toneladas. Dentro de esta evaluación figura Teruel con 94 millones, es decir, un 10 por 100 de las reservas españolas y una producción anual de, aproximadamente, el mismo porcentaje.

El conocido yacimiento de Sierra Menera comprende la casi totalidad de las reservas conocidas en la provincia, situada la actual explotación en la parte central de una estructura paleozoica de unos 40 kilómetros de longitud y 10 de anchura. En opinión de los especialistas, no hay razón para pensar que las reservas se limiten solamente a la zona actualmente beneficiada. Aunque la Sociedad Sierra Menera realiza una constante investigación de sus reservas, hay, posiblemente, zonas a investigar fuera de ellas.

El IGME proyecta realizar, dentro de este cuatrienio, un reconocimiento general en una amplia zona de la Cordillera Ibérica, que denominaremos Demanda - Moncayo - Menera, donde se incluyen las posibles prolongaciones del conocido yacimiento actual.

Otra zona de posibilidades poco conocidas la constituye la Sierra de Albarracín. Geológicamente es un gran anticlinorio alargado, de núcleo paleozoico, bordeado por sedimentos triásicos y afectado por fallas longitudinales, que compartimentan la estructura en grandes bloques, a su vez, rotos en unidades menores. Los indicios y explotaciones son de tipo filoniano o sedimentario. La investigación de los yacimientos, salvo la deducida de las propias explotaciones mineras, ha sido prácticamente nula y en ello reside su potencial interés, aunque la estructura general de la zona no permite forjarse muchas ilusiones de encontrar yacimientos, que, por su volumen y explotabilidad, constituyan una riqueza inédita importante. Pero estas posibilidades sólo pueden definirse tras una verdadera investigación.

Las calidades del mineral de hierro son, en Teruel, bastante satisfactorias en cuanto a composición química y cumplimiento de las especificaciones siderúrgicas; una ley en hierro del 48 al 50 por 100, poco contenido de elementos nocivos (S, P, As) y un contenido favorable en Mn.

Su carácter pulverulento obliga a una previa aglomeración, por sinterización, que permite elevar su ley, al menos, hasta el 60 por 100.

El futuro de la minería del hierro en Teruel parece optimista, si se solventan problemas de transporte, que permitan un desenvolvimiento económico holgado de las minas.

La demanda mundial de minerales de hierro crece al ritmo del 4 por 100 anual, y las necesidades de las plantas siderúrgicas españolas van a ser casi angustiosas. Aún en el supuesto de que las explotaciones se desarrollen al ritmo previsto, el consumo, que actualmente es de unos 7,5 mi-

llones de toneladas/año, ascenderá, en 1975, a 14,5 millones (lo cual obligará a importar unos 6 millones de toneladas) y, en 1980, se espera consumir 21,8 millones de toneladas, en cuyo caso la importación ascenderá a 12,7 millones de toneladas.

El porvenir de los minerales de calidad adecuada —los de baja calidad no tienen ningún porvenir— es claro, y más si la reciente decisión de instalar una gran planta en Sagunto acerca a las minas el centro de consumo.

Teruel tiene, a mi juicio, porvenir en sus yacimientos de mineral de hierro, pero una buena investigación puede incrementar las reservas seguras notablemente. El IGME participará en esta investigación.

BAUXITAS

España no dispone de producción de este importante mineral, base para la obtención del metal más importante después del hierro: el aluminio. Las 100.000 toneladas de aluminio que producimos las fabricamos a partir de alúminas importadas. Las pequeñas producciones nacionales de bauxita, no son aptas nada más que para la fabricación de refractarios. Por todo ello el IGME ha puesto interés en el reconocimiento de los yacimientos nacionales, cuyas reservas se evalúan vagamente en 100 millones de toneladas de bauxitas altas en SiO₂.

La zona potencialmente más importante en esta clase de reservas, abarca una extensa región dentro de las provincias de Barcelona, Lérida, Tarragona y Teruel. Son yacimientos pseudoestratificados en bolsadas o lentejones, formados por concentración residual sobre rocas carbonatadas. Actualmente estamos trabajando en la zona que denominamos *Fuentespalda*, en las proximidades de Beceite. Nuestro fin será evaluar los recursos de estas bauxitas y su calidad.

En la calidad reside la clave de la cuestión. Hasta el momento sólo existe un procedimiento industrial para obtener alúmina (Al₂O₃) a partir de las bauxitas. Es el procedimiento Bayer, empleado en todo el mundo y basado en la disgregación alcalina por vía húmeda. El Al₂O₃ reacciona con bases tales como el CO₃Na₂, formando aluminatos solubles y eliminando el óxido de hierro. A partir de esta solución se separa el Al₂O₃ por precipitación. Cuando la bauxita tiene sílice, una gran parte del reactivo se consume en disolver estos silicatos y se obtienen alúminas muy impuras e inútiles para la metalurgia del aluminio. Contenidos superiores al 4 por 100 de sílice hacen inútiles a las bauxitas como menas del Al.

Los nuevos procedimientos, entre ellos el *Genal*, para tratamiento de bauxitas pobres en alúmina y altas en SiO₂, están aún a nivel de ensayo. La abundancia de bauxitas síliceas en el mundo y, sobre todo, de silicatos de alúmina (arcillas), que hace a este metal uno de los más abundantes en la corteza terrestre, juntamente con el enorme incremento del consumo mundial del aluminio (en los últimos seis años aumentó el 80 por 100), hace prever que a no muy largo plazo se logre la industrialización de procedimientos

aplicables a las bauxitas silíceas, ya que los yacimientos de bauxitas aptas para el procedimiento Bayer son abundantes, pero no inagotables.

El estudio emprendido por el IGME —aún en sus inicios— confirma la idea de que estas bauxitas son demasiado altas en sílice para ser tratadas por el sistema Bayer. Aunque no pueden darse resultados definitivos, hemos podido apreciar la existencia de cuatro grupos de minerales:

Un primer grupo de bauxitas con el 13 por 100 (media) de SiO_2 , 50 por 100 de Al_2O_3 y 10 por 100 de Fe_2O_3 .

Un segundo grupo, de arcillas bauxitíferas, cuyo contenido en sílice oscila entre el 18 y el 35 por 100, el de alúmina entre el 12 y el 37 por 100, y el de Fe_2O_3 entre el 8 y 36 por 100.

Finalmente, un tercer grupo de contenidos de sílice mayores del 40 por 100.

Las pequeñas explotaciones mineras realizadas hasta el presente se han centrado en el grupo primero, estando prácticamente vírgenes las de los grupos segundo y tercero.

Nuestra labor debe conducir a fijar de forma clara y definitiva las reservas de cada uno de estos grupos y su mayor o menor explotabilidad.

CAOLINES Y ARCILLAS REFRACTARIOS

En muchos lugares de la provincia de Teruel y, especialmente, en el norte, existe una extensa formación geológica constituida, principalmente, por horizontes arcillosos y caoliniticos, con algunos lignitos intercalados. Es la famosa facies de Utrillas, de edad Albense (Cretáceo inferior).

Estos caolines de Teruel constituyen una parte de una de las dos grandes áreas caoliníferas españolas; el área que podemos denominar Cordillera Ibérica Oriental y que se extiende, además de Teruel, por las provincias de Guadalajara, Cuenca, Valencia y Castellón.

La otra zona española está situada en los terrenos cristalinos del noroeste (Pontevedra, La Coruña y Lugo). Los recursos de la Cordillera Ibérica, al igual que los de la zona gallega, son muy importantes, aunque nunca se ha hecho una completa evaluación de los mismos.

El caolín es un producto natural y, como tal, de composición variable. Para diferenciarlo de las arcillas debemos de considerar la definición legal española: «Sustancia que, después de un adecuado tratamiento de lavado, contenga del 33 al 40 por 100 de alúmina, 45 a 60 por 100 de sílice, 11 a 14 por 100 de agua, pequeñas cantidades de óxido de hierro, sin exceder del 2 por 100, y otras impurezas (sosa, potasa, magnesio, etc.) que no excedan del 3 por 100, y esté exenta de láminas de mica y piritas».

El mineral básico del caolín es la caolinita, silicato de aluminio hidratado.

La creación de un depósito de caolín está en estrecha relación con la existencia de una roca madre, que contenga feldespatos, en especial potásicos o sódicos. La caolinización es una alteración de esas rocas originarias por efecto de la meteorización, generalmente. La erosión posterior fa-

cilita la acumulación de estos productos de la alteración de los feldespatos, produciendo depósitos selectivos de caolín y arcillas o algo intermedio, que podríamos llamar caolines arcillosos y arenas caoliníferas o feldespáticas.

Vemos, por tanto, que las composiciones de estos productos son eminentemente variables, cosa por demás corriente en cualquier producto derivado de una roca por la acción de la naturaleza.

Si, en cualquier orden de la vida, nos limitásemos a utilizar los productos tal como los encontramos en la naturaleza, nuestra técnica aún estaría poco más adelantada que la que utilizaron los cromagnones del Paleolítico. Esto es, con palabras quizás demasiado duras, lo que sucede en España —con pocas y dignas excepciones—, en el campo de la explotación de los caolines. Pocos yacimientos de caolín son aprovechables sin una debida preparación del producto a no ser que nos limitemos a la venta en bruto de un producto que, racionalmente preparado, puede multiplicar su precio por un coeficiente oscilante entre 2 y 10.

La minería del caolín en Teruel, y casi en toda España, se caracteriza por explotaciones inadecuadas en tamaño y técnica minera, que extraen un producto, que venden como pueden, y que, algunas veces, después, con costos relativamente bajos de lavado, multiplica su valor en beneficio de zonas o países extraños.

El caolín sin lavar o poco lavado se destina, en su mayor parte, a la fabricación de refractarios y, el bien lavado, puede tener usos más nobles, como la fabricación de porcelana, la industria papelera, la fabricación de plásticos y de otros productos químicos, como son los cosméticos, pigmentos, insecticidas, productos farmacéuticos, etc., etc.

La industria cerámica de refractarios admite hasta un por 100 de impurezas. La cerámica fina es más exigente y las demás consumidoras, requieren calidades muy estrictas. La industria papelera, por ejemplo, exige una blancura de 80 por 100 (aparato Elrepho) y una granulometría en la que el mayor porcentaje no debe superar las 2 micras y menor del 0,1 por 100, las partículas que no atraviesan un tamiz de 325 mallas (normas ASTM). Estas exigencias no las cumplen, en general, los caolines españoles, sin preparación adecuada, por lo que es preciso importar caolines extranjeros, generalmente ingleses, de buena calidad.

Los principales productores mundiales de caolín son Inglaterra y USA, con productos de excelente calidad. España ocupa un séptimo lugar en volumen de producción, y u puesto aún más retrasado en calidades. Las importantes reservas de que disponemos nos pueden poner muchos puestos por delante si hacemos dos cosas:

— Conocer a fondo las reservas que tenemos y sus calidades.

— Explotar y, sobre todo, preparar racionalmente estas producciones. Las minas deben tener, como toda industria bien concebida, un tamaño suficiente, una preparación adecuada a sus productos, y un servicio comercial que busque mercados y ponga de acuerdo las calidades producidas con las necesidades del consumidor.

Debe hacer notar que una planta de lavado de caolines brutos obtiene, además de un producto de calidad y precio notable, un subproducto nada despreciable como es la arena de cuarzo, de numerosas aplicaciones cuando es pura y de calidad. La demanda de estas arenas, con motivo de la planta siderúrgica de Sagunto, se aumentará sin duda en los próximos años.

Una buena planificación minera debe empezar por conocer bien las reservas y calidades. Por ello el IGME iniciará en breve un estudio general de los caolines del sector oriental de la Ibérica y, puedo anunciaros, que los estudios se iniciarán por los yacimientos de Teruel.

Este estudio de reservas y calidades debe completarse con los debidos ensayos de lavado en planta piloto que ayuden a determinar los esquemas de la planta o plantas de preparación de estos caolines que deben montarse en un futuro próximo, para un aprovechamiento adecuado y completo de esta riqueza provincial. Aunque es prematuro, no creo que sea aventurado afirmar que las reservas de caolines de calidad son muy importantes en Teruel.

OTROS RECURSOS MINEROS

He dejado para el final el hacer referencia a otros recursos, posiblemente de menor importancia que los citados hasta ahora, pero no por ello despreciables. Me refiero al plomo, cinc, cobre, barita, manganeso y azufre.

El IGME ha efectuado algunos estudios sobre los abundantes indicios de las cuatro primeras sustancias. Concretamente, en la zona norte de la provincia, se reconoció un área de 230.000 Ha. en 1969, limitándose el trabajo a una recopilación de datos y reconocimiento del terreno que permitieron comprobar la existencia de algunas mineralizaciones filonianas en terrenos paleozoicos; cobre, fundamentalmente en la parte norte y, en toda la zona, Pb-Zn y barita.

La iniciativa privada y, concretamente, *Riotinto-Patiño*, ha investigado parcialmente esta zona norte.

El IGME considera que el área de más posibilidades es la situada en torno al pueblo de La Zoma, al este de Montalván, donde es posible la existencia de zonas ricas en sulfuros de plomo y cinc, a poca profundidad. La iniciativa privada tiene una buena oportunidad de establecer una explotación de baritina —de cuya sustancia hay grandes cantidades— y realizar, con la ayuda de esta explotación, la exploración de los posibles filones metálicos.

En el Paleozoico de la región de Albarracín son relativamente frecuentes los filones de cobre gris y calcopirita. Son filones de poca importancia, en general, algunos objeto de antigua explotación.

No son desechables las posibilidades de la zona sureste de la provincia, lindando con Castellón (Linares y Valdelinares). Las masas de calamina en las calizas son indicios de enriquecimiento secundario, quizás de baja ley, pero hoy en día perfectamente rentables si los tonelajes son suficientes y fáciles de arrancar. El IGME, aunque de momento no

puede dedicar atención a estas zonas, no ha rechazado la posibilidad de insistir en esta investigación.

El manganeso figura entre las sustancias prioritarias, y la región definida en el PNIM como zona III Centro-Oriental, tiene el 70 por 100 de su extensión en la provincia de Teruel (zonas de Crevillén y Teruel capital). El laboreo ha sido, hasta ahora, de rapiña y, las reservas, no han sido jamás cuantificadas y, sin embargo, pueden ser aprovechables. Se trata de yacimientos sedimentarios de piroclorita (acompañados de azurita, malaquita y piritas), en margas cretáceas.

El yacimiento de azufre de Libros, no creemos que tenga hoy día interés alguno. Soplan malos vientos para esta minería. La abundancia de la oferta de azufre en el mundo, como consecuencia del refinado de petróleos y, sobre todo, de la depuración exigida en la lucha contra la contaminación atmosférica, unida a la procedente depuración de los grandes yacimientos de gas natural, ha reducido en tal manera los precios de este producto que, hasta nuestras piritas de Huelva se tambalean, cuando sólo se pueden utilizar como tales menas de azufre. Si algún día los tiempos cambian, tal vez vuelva a hablarse de Libros.

EL AGUA SUBTERRÁNEA

Las posibilidades hidrogeológicas de la provincia de Teruel son interesantes, especialmente en la mitad sur de la provincia, estructuralmente compuesta por formaciones calcáreas fisuradas y, por ello, con porosidad para almacenar agua.

La unidad hidrogeológica más interesante, por sus posibilidades de almacenamiento, es la correspondiente a la parte sureste, que comprende geográficamente las cuencas de los ríos Mijares, y los afluentes de la margen izquierda del Turia y el Alfambra. En el Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos —recientemente editado por el IGME— se la denomina unidad 54 y se le calcula una recarga anual de 400 millones de m^3 que, normalmente, son drenados por estos ríos citados. Sus posibilidades de explotación racional, serán estudiadas en este cuatrienio por el IGME, dentro del Plan PIAS y como parte de un estudio general que abarca, geográficamente, las cuencas de los ríos que desaguan en el Mediterráneo, desde el Júcar al Ebro.

Otras unidades interesantes por sus posibilidades de almacenamiento de agua subterránea, son por un lado la parte turolense de la unidad 57, que abarca una superficie contigua a la unidad anterior, desde aproximadamente el cauce del río Alfambra, hasta el límite con las provincias de Cuenca y Guadalajara; por otro lado, la franja de terrenos calizos fisurados, que en dirección NW-SE y con una anchura media de 40 kilómetros se extiende desde el límite con la provincia de Zaragoza hasta Castellote (unidad 58).

La parte turolense de la unidad 57 tiene, aproximadamente, una recarga anual de 150 hm^3 y la de la unidad 58 puede evaluarse en 80 hm^3 .

El resto de la provincia está constituido por terrenos

prácticamente impermeables y, por ello, sin acuíferos de importancia.

Podemos afirmar que, en conjunto, el 70 por 100 de la provincia tiene buenas condiciones estructurales para disponer de importantes reservas de agua subterránea, lo cual la coloca en situación privilegiada en comparación con el resto de Aragón, cuyas posibilidades son muy reducidas, salvo en las proximidades de los cauces de los ríos.

Los estudios generales que el IGME realizará en los próximos años concretarán, sin duda, estos datos de carácter general que acabo de exponer.

Creo que las principales posibilidades mineras de Teruel han quedado esbozadas. No es posible en la forzosa limitación de una conferencia, concretar más, aunque habría materia para muchas horas.

Creo, en resumen, que Teruel es una de las provincias españolas con recursos mineros más interesantes y variados. Sus posibilidades de desarrollo están aún lejos de haber tocado techo y, por ello, tiene, a mi juicio, un porvenir brillante, si no olvidamos que hoy día la minería no consiste solamente en abrir un agujero y ver qué pasa. Son precisas, además, tres cosas:

1.ª Una previa investigación de los recursos, para conocer su cuantía y la calidad de los mismos. No se puede basar una empresa minera en la intuición; las importantes inversiones que requiere no pueden asegurarse más que con un conocimiento lo más perfecto posible del yacimiento.

Lo contrario sería construir un rascacielos sin reparar en que el terreno es pantanoso.

2.ª Una explotación con unidades y volúmenes de extracción suficientes para permitir la amortización de los grandes capitales requeridos. Las explotaciones de rapiña son negocios de ocasión, que se van tan rápidamente como aparecen, muchas veces estropean un buen yacimiento y siempre crean problemas sociales, sin generar verdadera riqueza permanente al país.

3.ª Una preparación de los productos obtenidos, para darles calidad y precio, de acuerdo con lo que pide el mercado, que como cliente, siempre tiene razón.

Con esta óptica los recursos mineros se aprovechan bien y se crea una riqueza duradera; y como la minería es una industria básica, tras ella pueden venir las industrias transformadoras que utilizan sus productos. Para ello es necesario que su abastecimiento, en cantidad, calidad y precios, esté siempre asegurado.

Teruel puede lograrlo si todos ayudamos a que así sea y avanzar en su desarrollo que es, en definitiva, el de esta España moderna, industrial y desarrollada, social y económicamente, que todos deseamos.

El IGME, como veis, no ha olvidado ni mucho menos a Teruel, y, en el campo de sus actividades, le dedicará este cuatrienio una destacada actividad que, sin duda, dará frutos.

Muchas gracias por vuestra atención.

Noticias

GEOLOGIA

MAPA TECTONICO DE LA PENINSULA IBERICA E ISLAS BALEARES

El Instituto Geológico y Minero de España, a través de su Departamento de Publicaciones, ha editado con la colaboración de la Comisión Nacional de Geología Española y de los Servicios Geológicos y Mineros de Portugal y como contribución al «Mapa Tectónico de Europa» un Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, Escala 1:1.000.000

Por la parte española, los autores de este Mapa son los señores Fontboté y Julivert, de las Universidades de Barcelona y Oviedo, respectivamente, y vocales de dicha Comisión Nacional de Geología.

La parte portuguesa está realizada por A. Ribeiro y L. Conde.

Este Mapa se presentará en la exposición cartográfica que se celebrará con motivo del Congreso Geológico Mundial, en Canadá, el mes de agosto.

MAPAS DE SINTESIS GEOLOGICA, E. 1:200.000

El Mapa de España de síntesis geológica a Escala 1:200.000, que comprende 79 Hojas, está finalizándose.

En estos momentos hay editadas 65 Hojas, esperando queden terminadas las 14 restantes antes de fin de año, fecha prevista para su finalización.

NUEVAS HOJAS DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA, ESCALA 1:50.000

Siguiendo la marcha normal de publicación de estas Hojas, E. 1:50.000, y en tanto no comience la publicación del MAGNA (está prevista la aparición de las primeras Hojas para finales del año en curso), continúa la edición de esta primera serie del actual Mapa Geológico Nacional a dicha escala.

Las Hojas y Memorias últimamente publicadas y que han quedado puestas a disposición del público, son las siguientes:

536.—Guadalajara. 537.—Añón. 840.—Bienservida. 865.—Siles. 322.—Remolinos. 354.—Alagón. 355.—Leciñena.—356.—Lanaja. 500.—Villar del Ciervo. 525.—Ciudad Rodrigo. 520.—Serradilla del Arroyo y 550.—Fuente Guinaldo.

PRIMERAS HOJAS DEL MAGNA.

Las primeras ocho Hojas que el Instituto Geológico y Minero de España editará del proyecto MAGNA (Mapa Geológico Nacional, E. 1:50.000 (2.ª serie), son las siguientes:

Caravaca, Marchamalo, Montoro, Olvega, Sigüés, Durango, Bembibre y Almadén de la Plata.

De ella, las cinco primeras están ya en la fase de grabado, esperándose queden impresas en los últimos meses del año.

Estas Hojas irán acompañadas de sus respectivas Memorias y todo ello presentado en carpetillas de plástico en un formato similar al que se ha dado al Mapa de Síntesis Geológica.

MINERIA

VISITA AL YACIMIENTO DEL MARQUESADO

El pasado día 5 de julio y con asistencia del Director General de Minas, del Director del Instituto Geológico y Minero de España, Presidente de la Diputación, y Delegado del Ministro de Industria, entre otras altas personalidades, fue inaugurado un lavadero de líquidos densos de la «Compañía Andaluza de Minas, S. A.», propietaria y explotadora del Yacimiento de Mineral de Hierro de las Minas del Marquesado (provincia de Granada).

La explotación, inicialmente subterránea, inició en 1960 una etapa de transformación para quedar convertida en 1967 en una explotación a cielo abierto. Las producciones han seguido un ritmo creciente, pasando de las 250.000 toneladas en el año 1960 a las 2.000.000 de toneladas en 1970. Actualmente el movimiento de tierras alcanza las 50.00 toneladas diarias, lo que supone un millón de toneladas al mes.

El IGME iniciará en breve una investigación sobre las posibilidades mineras de las zonas próximas a las actuales explotaciones. El estudio se efectuará a lo largo de los años 1972 a 1974.

INVESTIGACION MAGNETICA HELITRANSPORTADA EN REALIZACION POR EL IGME. EN EL NO. DE ESPAÑA

Se está realizando en estos momentos, por una Empresa contratada por el IGME, una prospección magnética helitransportada de una reserva estatal, que comprende partes

de las provincias de Lugo y León, el Occidente de Asturias, y la zona nororiental de la provincia de Orense.

En esta área citada existen numerosos indicios de mineral de hierro magnético, aunque nunca se abordó de forma regional el problema de su investigación. La información y resultados de este vuelo se conocerá a mediados de septiembre, y de acuerdo a aquéllos el IGME programará trabajos de investigación en tierra, que en su primera fase acogerá solamente las anomalías de mayor interés.

Su objetivo, será de acuerdo al Programa Sectorial de Exploración de Minerales de Hierro, del Plan Nacional de la Minería, conocer realmente la cubicación del arco ferrítico que va desde Astorga al Cantábrico, así como las calidades físicas y químicas del mineral, en vista a las necesidades crecientes de nuestra Siderurgia Nacional.

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA ESTA INVESTIGANDO MINERALES DE HIERRO MAGNETICOS Y NO MAGNETICOS EN LA ZONA DE «ASTORGA-PONFERRADA»

En el área señalada en la noticia anterior y en la zona mineralizada en hierro que va desde Astorga hasta el occidente de Ponferrada, dado que existe un mayor conocimiento, por trabajos anteriores, se ha comenzado un proyecto de investigación, de duración hasta el año 1975, que pretende cubicar de forma fehaciente el tramo mineralizado anteriormente citado, conociendo también sus características físicas y químicas. Este proyecto comprende entre otros estudios los de magnetometría terrestre y geología estructural, siendo su mayor inversión la correspondiente a sondeos y análisis de laboratorios.

EXPLORACIONES DE MINERALES DE HIERRO PREVISTAS POR EL IGME.

Para comenzar a finales de 1972 y con duración hasta 1975, se ha programado por el IGME, entre otros, los proyectos de investigación de minerales de hierro en las zonas siguientes: Sierra Menera, Sierra de la Demanda, Sierra del Moncayo y zona de Alquife-Marquesado.

Esta preocupación del IGME por los minerales de hierro responde a las necesidades crecientes de abastecimiento de mineral a industrias siderúrgicas que ya fue contemplado en el Plan Nacional de la Minería.

Estas regiones mineras, algunas de ellas con explotaciones en marcha, no están suficientemente reconocidas y la Dirección General de Minas, consciente del papel que ocupa en la Administración, recomendó en su día al IGME, la programación de estas investigaciones.

EL IGME. VA A REALIZAR INVESTIGACION HELITRASPORTADA EN EL AREA DE CEHEGIN (MURCIA)

Siguiendo las directrices del Ministerio de Industria a través de su Dirección General de Minas de conseguir un conocimiento real de nuestras posibilidades en minerales de hierro, el IGME. ha programado para finales del 1972 o principios de 1973 la prospección magnética helitrasportada en una zona aproximadamente de 1.200 kilómetros cuadrados en la provincia de Murcia.

El interés de esta zona, trabajada someramente y de forma aislada en algunos afloramientos de magnetita en ofitas, es el de poner de manifiesto, si es posible, que existen otras masas de ofitas ocultas con magnetita diseminada y leyes intermedias, pero de posible explotación a cielo abierto, ya que la recuperación del mineral alcanza sobradamente, por los ensayos efectuados, el nivel económico necesario.

AGUAS SUBTERRANEAS

LOS GRANDES PROYECTOS DE LA DIVISION DE AGUAS EN ESTE III PLAN DE DESARROLLO

En base al Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas, elaborado dentro del II Plan de Desarrollo, el IGME., actualmente, realiza las investigaciones hidrogeológicas de las siguientes áreas:

- Cuenca del Guadalquivir.
- Cuenca baja y media del río Júcar.
- Cuencas altas de los ríos Júcar y Segura
- Cuenca baja y media del Segura.
- Cuenca sur parte occidental (Almería).
- Cuenca del Duero.
- Archipiélago Balear.

Estos trabajos de Investigación los realiza el IGME. a través de Empresas consultoras y en estrecha colaboración con el Ministerio de Agricultura (IRYDA). En los trabajos del archipiélago balear también participa el Ministerio de Obras Públicas (Dirección General de Obras Hidráulicas).

Paralelamente a esta labor de Investigación de grandes áreas, el IGME, para cumplir su misión de Servicio Público, está realizando una actuación a escala provincial y local, asesorando en los problemas técnicos de aguas subterráneas a Diputaciones y Municipios. Especialmente esta labor, en lo que se refiere a las primeras, se ejerce en estos momentos, con las de Santander, León, y Zamora, Salamanca y Zaragoza.

Para recoger y poder explotar toda la información que

suministra la actuación arriba citada, se ha iniciado la confección del Archivo Nacional de Puntos Acuíferos, cuya información una vez recogida puede ser tratada por las técnicas de la informática.

Sucesivamente daremos noticias más detalladas de la marcha de los trabajos antedichos.

TRABAJOS CARTOGRAFICOS DE LA DIVISION DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL IGME.

Como consecuencia de la elaboración del Programa Nacional de Aguas Subterráneas se ha confeccionado, por la División de Aguas del IGME, los siguientes:

- Mapa de Reconocimiento Hidrogeológico.
- Mapa de Lluvia útil o Escorrentía total.
- Mapa de Síntesis de los Sistemas Acuíferos.

Estos tres mapas actualmente editados se ponen a disposición del público acompañados de sus correspondientes Memorias explicativas.

Actualmente y finalizada la labor de gabinete, se trabaja en la edición del Mapa de Vulnerabilidad de la Contaminación de los Acuíferos. Este Mapa Nacional, a escala 1:1.000.000, verá la luz a finales del presente año.

COMIENZA LA BASE DE EXPLORACION DE AGUAS SUB- TERRANEAS EN LA ZONA DE «ALMONTE» (HUELVA).

El proyecto del Guadalquivir inicia la ejecución de una serie de sondeos de explotación para poner en riego una extensa zona de cerca de 20.000 hectáreas, en «Almonte» (Huelva). Estos trabajos se llevan en colaboración con el Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA), del Ministerio de Agricultura.

ESTUDIO DE DETALLE DE LA ZONA DE «BAZA- CANILES» (GRANADA)

Como complemento a los estudios realizados por el Proyecto del Guadalquivir en sus fases anteriores, se va a comenzar un estudio de detalle en la zona de Baza-Caniles, de la provincia de Granada. Como se sabe, en el Programa del Guadalquivir se integran a parte del IGME (Ministerio de Industria), el IRYDA (Ministerio de Agricultura), la Dirección General de Obras Hidráulicas (Ministerio de Obras Públicas) y la FAO (Naciones Unidas).

ESTUDIOS HIDROGEOLOGICOS EN SANTANDER

Entre el IGME. y varias Diputaciones españolas se están realizando acuerdos de colaboración permanente, para estudiar y resolver diversos problemas de ámbito provincial en el campo de las aguas subterráneas, la investigación de rocas industriales, estudios de polígonos urbanos e industriales, etc.

Uno de los primeros acuerdos se ha realizado con la Diputación de Santander, donde entre otros, se ha emprendido el estudio del Cuaternario de los ríos Saja y Besaya y su aprovechamiento en la resolución de los problemas de abastecimiento.

Durante los recorridos de campo que se hicieron para componer el Mapa Hidrogeológico Nacional de España, se pudo observar que en la confluencia de los ríos Saja y Besaya, existía un Cuaternario cuya potencialidad hidrogeológica parecía importante, al tiempo que se pudo saber que el rendimiento que se obtenía de su explotación, no era suficiente para satisfacer completamente las necesidades de agua de los usuarios.

Se llevó, pues, a cabo el estudio del Cuaternario citado en el mes de febrero de 1971. Se completó la estadística de puntos de agua, tomada para el Mapa Hidrogeológico que se refería a suficientes puntos, para la escala y el objetivo citado, pero escasos para acometer un estudio local. Se tomaron también una serie de muestras de agua para efectuar los correspondientes análisis y, como es natural, en los datos estadísticos se hizo constar el caudal aproximado de cada uno de los puntos reseñados. También se hizo un levantamiento topográfico de todos los pozos y una medición de los niveles en distintas épocas del año.

Lo primero que se hizo como es natural, fue levantar el plano geológico de la zona que se iba a estudiar.

Se afinó en la estratigrafía y se determinó cuales pudieran ser las formaciones permeables, susceptibles de contener agua. Se analizaron los datos de pluviometría media anual, en diferentes estaciones próximas a la zona de estudio y se consultaron también los datos de caudal medio de los ríos Saja y Besaya, facilitados unos por la SNIACE y otros por la Confederación Hidrográfica del Norte. Estos datos se refieren, en el primer caso, al período 1965-1970 del río Saja, y a los años 1967-1970 para el río Besaya.

Los cuadales máximos de los ríos, se producen en el mes de diciembre, presentando otro caudal importante en el mes de abril. En el caso del Besaya, se reproduce la subida de caudal en el mes de junio, y en los dos ríos el caudal mínimo se produce en los meses de agosto. El caudal oscila entre 5 m³/seg. y 50 m³/seg.

Las zonas de mayor potencialidad, del Cuaternario son:

a) Cudón, con una superficie aproximada de un kilómetro cuadrado, cerca de la desembocadura del río Saja. El aluvial, aunque no muy potente a primera vista, tiene buenas condiciones.

b) Torrelavega y sus inmediaciones, especialmente al noroeste y oeste de la ciudad. Este nivel tiene más potencia. Constituyó la base principal del estudio y ocupó la mayor parte del tiempo disponible. Se apoya en un conjunto de areniscas y calizas bastante compactas y constituye un buen acuífero que se recarga lateralmente, por las calizas cretácicas y carboníferas, aparte de la recarga directa y de un paleocauce del río Besaya.

En la zona de Cudón, la mayoría de los pozos existentes, no atraviesan el aluvial íntegramente. Muchos de ellos no han proporcionado datos, pues están contruidos hace tiempo y los propietarios no recuerdan la litología. Se recogieron datos de 56 pozos, de los que se consideraron de interés 14, y no muy bien dispuestos para la confección de un buen mapa de isopiezas. La profundidad media de los pozos oscila de 6 a 8 metros.

La superficie de la zona estudiada en Torrelavega es de 14 kilómetros cuadrados y en ella se encuentran los pueblos de Santiago de Cartes, Tanos, Campuzano, Sierrapando, Torres, Ganzo y Duález, además de la ciudad de Torrelavega.

Se tomaron datos de 88 captaciones y manantiales, variando mucho la profundidad de aquéllos, dada la topografía local y los diferentes fines de la explotación. Se consideraron muy importantes los datos aportados por la Empresa SNIACE, que tiene varias obras de captación. Como en el caso anterior, se hizo un levantamiento taquimétrico con toma de niveles estáticos en los pozos, obteniéndose un primer mapa de isopiezas, del mes de abril.

Después, en la segunda quincena de octubre, época de caudal más bajo, hizo otra nueva toma de niveles.

En el cuaternario a diez metros por encima del nivel del río, existe un acuífero libre, en una terraza colgada y sin relación con aquél. Este acuífero tiene poco interés.

El que se ha estudiado es más bajo y es el más interesante.

Con objeto de conocer las características hidrodinámicas de este acuífero, el Instituto dentro del programa del estudio, realizó unos bombeos de ensayo, en el pozo P. 7 de SNIACE.

En estos bombeos se utilizaron los pozos P. 3 y P. 5 como piezómetros, y en ellos se instalaron limbigrafos.

Durante los días en que se hicieron las pruebas, llovió con bastante intensidad, y se originaron variaciones en el nivel de los pozos y del río. El caudal de bombeo fue de 332 m³/hora y empezó el día 15 de febrero. El bombeo de ensayo se mantuvo durante 26 horas y media. Se calculó con las depresiones, la Transmisividad, que resultó de 297 m²/hora.

A la vista de estos resultados se consideró interesante hacer el estudio de caudal, que podía obtenerse con un pozo de colectores radiales.

Así lo ha hecho y, según los resultados del ensayo realizado, podrá obtener con un pozo de este tipo de 500 a 800 litros/segundo según la época del año. El ensayo se ha realizado bajo la supervisión del equipo técnico de la Diputación y la dirección del Instituto Geológico y Minero

de España. Este equipo facilitó a la Compañía todos los datos y antecedentes obtenidos hasta la fecha del ensayo. El bombeo de ensayo, se hizo igualmente en el P. 7 y las observaciones se efectuaron sobre ocho piezómetros situados en líneas radiales.

Conocidos estos resultados se continuará el estudio del Cuaternario para ver la posibilidad de llegar a fijar otros puntos de captación de grandes caudales, de aplicación para las industrias y los municipios existentes en las proximidades.

La Diputación provincial, fijó además al Instituto Geológico, como zona preferente, la parte oriental de la provincia y, especialmente, el municipio de Castro-Urdiales, llamado a adquirir un extraordinario desarrollo, ya que pueda estar, una vez que se construyan las autopistas proyectadas, a muy pocos minutos de Bilbao.

Después de efectuados los correspondientes estudios de la superficie, se han proyectado dos sondeos, el primero de los cuales está en ejecución, con una máquina del Instituto Geológico y Minero.

GEOTECNIA

EL IGME INICIA UNA INVESTIGACION SOBRE LOS CAOLINES DE LA IBERICA

El Instituto Geológico y Minero de España tiene en marcha un importante proyecto de investigación sobre los caolines de la Ibérica. Se trata de estudiar las reservas existentes en las formaciones Utrillas y Wealdense, que comprende gran parte de las provincias de Teruel, Valencia, Cuenca, Guadalajara y Zaragoza.

INVESTIGACION DE CAOLINES EN LA PROVINCIA DE ZARAGOZA POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En una zona próxima a Cubel, provincia de Zaragoza, ha iniciado el IGME una investigación sobre un importante yacimiento de caolín con vistas a la posible instalación de una planta de tratamiento.

Estudios previos fueron realizados por el Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza, a petición de la Caja de Ahorros local. En este estudio previo se ha estimado una reserva de unos 240 millones de toneladas, de los cuales 36 corresponden a una fracción inferior a dos micras. Se trata de un caolín de excelente calidad que, aparte de sus aplicaciones clásicas, podrá emplearse en la fabricación de papel, pintura y caucho.

La Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, a través del IGME, hará la investigación de dicho yacimiento, incluyendo estudios de concentración y separa-

ción del caolín con vistas a su posible aplicación industrial y al proyecto de la futura planta.

LOS MARMOLES DE MACAEL SERAN ESTUDIADOS POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

El IGME inicia una investigación del yacimiento de mármoles ubicado en la zona de Macael (provincia de Almería). Este yacimiento que en un principio se considera como una reserva bastante importante y que, merced a esta investigación que ahora se inicia, permitirá en el futuro llevar a cabo una ordenación para una explotación más racional de dicho yacimiento. Entidades locales de la provincia han pedido esta investigación a la Dirección General de Minas, investigación que por otra parte ya estaba incluida en el Programa Nacional de Investigaciones Minera, uno de cuyos sectores más importantes es precisamente el de los mármoles.

EL IGME PRESTA COLABORACION TECNICA AL MINISTERIO DE LA VIVIENDA

Desde el año 1967 existe un convenio de colaboración técnica entre el IGME y la Gerencia de Urbanización del Ministerio de la Vivienda, con el fin de estudiar las características geotécnicas de emplazamiento de polígonos industriales y urbanísticos, cuya implantación gestionan distintos Departamentos de la Administración.

Estos estudios pueden hacerse extensivos, en cualquier momento, a Hidrogeología, Rocas Industriales, y otros estudios de Geología Aplicada e Ingeniería Civil.

MAPA GEOTECNICO NACIONAL, ESCALA 1:200.000

Se ha iniciado el estudio cartográfico del área nacional. Las cuatro primeras Hojas que aparecen serán las de Pontevedra, Santiago, Valladolid y Madrid.

En el año actual quedarán finalizadas de Gabinete 16 Hojas más, que comenzarán a editarse en el próximo año.

MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES, ESCALA 1:200.000

A fin de realizar el inventario de Rocas Industriales del País, se está confeccionando por el IGME un Mapa Nacional de Rocas Industriales. Finalizadas de Gabinete está Elche, Alicante, Valencia y Santiago de Compostela, y en fase de trabajo de campo y laboratorio hay 16 más.

La edición de las primeras Hojas aparecerá en el próximo año.

MAPAS DE ROCAS INDUSTRIALES, ESCALA 1:25.000

También el IGME ha comenzado la labor de determinar las reservas de ciertas sustancias para aplicaciones industriales determinadas, entre las que se encuentran (Rocas ornamentales y de construcción, yesos, áridos, materias primas para industria cerámica, vidrio, etc.).

Las áreas primeramente objeto de estudio son: provincia de Madrid (áridos), Asturias (caolines y cuarzo), provincia de Almería (Bentonitas), Isla de Tenerife (rocas pumíticas); sucesivamente se irán extendiendo estos trabajos cartográficos a otras áreas de interés.

MINERALURGIA

PRODUCCION SIDERURGICA EN EL PERIODO ENERO-MAYO DE 1972

La producción de acero en los cinco primeros meses de 1972 se estima en 3,8 millones de toneladas, con una media mensual que supera en un 11,4 por 100 a la registrada en el conjunto de 1971.

COMERCIO EXTERIOR SIDERURGICO EN EL PERIODO ENERO-MAYO DE 1972

En base a las estadísticas de la Dirección General de Aduanas, las importaciones de productos siderúrgicos en enero-mayo, han sido de 616.600 toneladas en acero equivalente. La media mensual del período queda en un 27,5 por 100 por encima de la de 1971. La exportaciones en igual período han ascendido a 648.000 toneladas en acero equivalente, con un incremento de la media mensual del 31,6 por 100 con respecto a la registrada en 1971.

CONSUMO SIDERURGICO EN EL PERIODO ENERO-MAYO DE 1972

La estimación del consumo aparente en los cinco primeros meses del presente año se aproxima a los cuatro millones de toneladas en acero equivalente, resultando una media mensual superior en un 21,6 por 100 a la de 1971.

REUNIONES CIENTIFICAS

CONGRESO DEL GRUPO PARA EL PROGRESO DE LOS METODOS FISICOS DE ANALISIS

Del 5 al 9 de junio se celebró en París el XXXI Congreso de GAMS, con la presentación de 53 comunicaciones.

La conferencia magistral estuvo a cargo del Prof. R. Castaing, quien expuso el tema «Desarrollos recientes de los métodos físicos de microanálisis». Las comunicaciones se agruparon en las siguientes secciones: Espectrometría electrónica y fluorescencia. Espectrometría de emisión, Llama y absorción atómica, Análisis por activación, Espectrometría de masas, Cromatografía en fase gaseosa, Espectrometría molecular, La cromatografía y el ordenador.

Fue miembro de honor del Congreso y Presidente de la Sección de Espectrometría de Emisión el Académico López de Azcona, quien presentó una comunicación sobre efecto en la emisión espectral de la deformación plástica en frío de los productos metalúrgicos.

SIMPOSIUM INTERNACIONAL DE LOS SISTEMAS CARBONIFERO Y PERMICO EN AMERICA DEL SUR

Patrocinado por la Academia Brasileña de Ciencias y en colaboración con el Instituto de Geociencias de la Universidad de Sao Paulo (Brasil), se celebrará en dicha capital en noviembre de 1972, el mencionado Simposium.

Los temas a tratar son: Geología regional y delimitación de las cuencas Paleozoicas superiores, Paleontología (braquiopodos, moluscos, fusulinas, otros grupos, megaplantas, palinología), Problemas de la transición Carbonífero-Permiano (aspecto físico y biológico), Tectónica y fenómenos magmáticos, dataciones atómicas, Paleogeografía (paleoclimatología y paleomagnetismo), Reservas minerales asociadas con las secuencias del Paleozoico superior.

EQUIPOS DE LABORATORIO

MEDIDOR PORTATIL DE CONDUCTIVIDAD

Se ha desarrollado por Philips un nuevo medidor portátil de conductividad, conocido como PW 9504. De línea moderna, muy ligero y empleando electrónica de estado sólido, es totalmente transportable y puede alimentarse con sus propias baterías recargables de níquel-cadmio o directamente de la red.

La incorporación de un potenciómetro de Bourns garantiza una elevada precisión y sensibilidad, lo cual, juntamente con la escala de grandes dimensiones, convierte al PW 9504 en el instrumento adecuado para medidas con lectura directa de resistividades y conductividades. Bajo ciertas condiciones, este aparato puede utilizarse también como óhmetro.

La longitud efectiva de la escala es de 370 mm., desde 0,1 ohmio a 1 megaohmio en seis márgenes seleccionables. La precisión es del 1 por 100 a fondo de escala, y el hecho de poseer tales frecuencias distintas de medida elimina los errores debidos a efectos capacitivos y de polarización.

El PW 9504 es ideal para empleo en laboratorios industriales y en el campo de la enseñanza, así como en el control de la pureza de las aguas, y en general en todas aquellas aplicaciones en las cuales se requieran medidas «sobre el terreno». Existen nueve tipos de células de conductividad Philips para ser adaptadas a este instrumento y cubrir así la mayoría de las aplicaciones industriales y de laboratorio.

VARIOS

INFORMACION SOBRE EXPLORACION TERRESTRE DESDE EL ESPACIO EXTERIOR

A finales de junio, o en julio de 1972, comenzará un experimento espacial sin precedentes, la exploración de la Tierra en prospección de sus recursos naturales con un satélite semiautomático especialmente construido, el Erts-A de los Estados Unidos.

El experimento tiene ramificaciones globales por tres razones:

Las tres cámaras de televisión y su sistema adicional de observación electrónica, pueden facilitar informes acerca de las condiciones en que se encuentra la totalidad de la superficie terráquea.

Se espera que participen en la investigación hombres de ciencia de muchas naciones y de todos los continentes.

Todas las fotografías obtenidas y el resto de los datos informativos reunidos por el satélite, se pondrán inmediatamente a disposición de todas las personas y organismos que satisfagan el costo relativamente insignificante, de conseguir copia de la información solicitada que exista entre el material archivado conseguido por el satélite.

Se espera que millares de personas soliciten fotografías y copia de los informes reunidos por el Erts-A con objeto de estudiarlos.

Esta información se suministrará como copias duplicadas de secciones de las cintas magnéticas grabadas a base de lo que trasmite el satélite, copias que podrán verse y escucharse con ayuda de ordenadores electrónicos para analizarlas. Aparte de las fotografías, la mayor parte de la información reunida podrá suministrarse mecanografiada, primero en forma de copias sacadas por un ordenador y, en su día, en forma de informe encuadrado.

Se espera que entre quienes utilicen los datos del Erts-A figuren los geólogos, especialistas de arrastres y buscadores de yacimientos minerales en todo el mundo.

El Erts-A no puede descubrir con sus instrumentos las condiciones existentes debajo de la superficie terrestre, pero

las características geológicas y las mediciones de las temperaturas en la superficie pueden representar indicios acerca de lo que hay debajo, y muchas veces pudieran indicar la existencia de minerales, petróleo, etc.

El Erts-A podrá conseguir esta clase de información porque cada sustancia refleja la luz del sol de manera característica y todas las sustancias que existen en la Tierra irradian calor de determinada forma.

Partiendo de la información del Erts-A, los analistas tienen el proyecto de identificar la erosión de las costas y riberas; predecir con el tiempo, los aludes y los terremotos.

Los científicos acaso deseen comprobar la información que obtenga comparándola con fotografías tomadas desde aeroplanos y en muchas ocasiones mediante inspección ocular de los terrenos. Esto ayudará a calibrar los sensores del satélite y a construir versiones mejoradas del tiempo.

Se espera conseguir una inmensa cantidad de información que llegará hasta la Tierra desde Erts-A durante el año que permanezca en actividad. Acabado ese tiempo, se lanzará el Erts-B, satélite casi idéntico, para un año más de experimentación.

Los satélites seguirán una derrota que los hará pasar por encima de los mismos puntos de la Tierra cada dieciocho días, con objeto de repetir las observaciones y permitir a los científicos apreciar los cambios en función del tiempo.

LA RED CRISTALINA DEL DIAMANTE HA SIDO VISTA POR PRIMERA VEZ

Dos científicos de Cambridge, Inglaterra, han logrado ver por primera vez la red cristalina del diamante. Se trata del Prof. Trevor Evans, del Laboratorio de Física J. J. Thompson, de la Universidad de Reading, y del especialista en Microscopía Electrónica Mr. Frederick Sheldon. Ambos científicos han empleado un microscopio electrónico Philips EM-300 para su sensacional descubrimiento.

La red cristalina del diamante, cuyos planos atómicos tienen un espaciado de 1,26 angstroms (0,126 millonésimas de milímetro), ha sido fotografiada durante la realización de un trabajo de investigación sobre defectos en los diamantes, aplicando técnicas especiales que han confirmado lo que sólo era predecible de forma teórica con anterioridad.

La red cristalina apareció como un conjunto de líneas rectas formadas por grupos de átomos. El grado de amplificación empleado para la obtención de las fotografías ha sido de diez millones de veces, lo que equivaldría a ampliar el punto final de este párrafo a un diámetro de más de once kilómetros.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

PRODUCTOS	1971 Diciembre	1972 Enero	1972 Abril	1972 Mayo
ALUMINIO				
Nueva York (centavos por libra)	29,—	29,—	29,—	25,—
Londres (libras por Tm.)	261,80	261,80	261,80	261,80
CINCO				
Nueva York (centavos por libra)	17,85	17,85	18-19	17 18
Londres (libras por Tm.)	58-65	58-65	60-70	65-70
COBRE				
Nueva York (centavos por libra)	46,—	49,50	52,75	49,90
Londres (libras por Tm.)	395-403	411-412	412,—	417,—
ESTAÑO				
Nueva York (centavos por libra)	175,—	172,—	184,50	180,—
MERCURIO				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.)	266,—	238,—	170-185	165-190
Londres (libras por frasco de 34,5 kg.)	93-95	80-83	60-63	66-70
PLOMO				
Nueva York (centavos por libra)	14,50	14,50	14,50-15,50	15-16
Londres (libras por Tm.)	132,50	136,—	169,—	169,—
VOLFRAMIO				
Londres (libras por Tm.)	19,75-21,50	16-17,50	15,50-16,50	15,50-16,25

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
132	9748	2-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Segovia.
133	9814	3-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Las Palmas de Gran Canaria.
134	9896	5-VI-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Madrid.
138	10247	9-VI-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera.
138	10248	9-VI-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, Delegación Provincial de León.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
138	10248	9-VI-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Orense.
138	10247	9-VI-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, de Delegación Provincial de Castellón.
138	10248	9-VI-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Lugo.
139	10337	10-VI-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Salamanca.
139	10336	10-VI-72	Ind.	Resol. rectificando anuncio relativo al otorgamiento de determinadas concesiones mineras de la provincia de La Coruña.
139	10336	10-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Badajoz.
139	10336	10-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Cáceres.
139	10337	10-VI-72	Ind.	Resol. rectificando anuncio relativo a permisos de investigación, Delegación Provincial de Jaén.
139	10337	10-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Salamanca.
140	10432	12-VI-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excepto radiactivos e hidrocarburos fluidos, en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Zaragoza y Soria.
140	10433	12-VI-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, excepto radiactivos e hidrocarburos fluidos, en el perímetro que se indica, comprendido en las provincias de Guadalajara y Teruel.
142	10599	14-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Pontevedra.
143	10681	15-VI-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, Delegación Provincia de Guadalajara.
143	10682	15-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Lugo.
143	10682	15-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Málaga.
144	10777	16-VI-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Burgos.
144	10777	16-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Huelva.
147	11011	20-VI-72	Ind.	Decreto otorgando permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Orduña-Zuazo», solicitado por las Entidades «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.», «Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A.», Compañía de Investigación y Exploraciones Petrolíferas, S. A., y «American Petrofina Exploration Company», en Zona I (Península).
149	11209	22-VI-72	Ind.	Resol. rectificando anuncio relativo a permiso de investigación, Delegación Provincial de Oviedo.
149	11209	22-VI-72	Ind.	Resol. rectificando anuncio relativo a cancelación de permiso de investigación, Delegación Provincial de Vizcaya.
150	11328	23-VI-72	Ind.	Resol. suspendiendo derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales de hierro en el área denominada «Alquife-Marquesado», comprendida en las provincias de Granada y Almería.
150	11328	23-VI-72	Ind.	Resol. suspendiendo derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias mine-

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
152	11514	26-VI-72	Ind.	Resol. publicando caducidad de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de La Coruña.
152	11515	26-VI-72	Ind.	Resol. publicando caducidad de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
152	11515	26-VI-72	Ind.	Resol. rectificando anuncio relativo a caducidad del permiso de investigación, Delegación Provincial de Lugo.
152	11515	26-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
152	11516	26-VI-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Soria.
152	11517	26-VI-72	Ind.	Resol. cancelando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Valencia.
159	11995	4-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, de la Dirección General de Minas.
163	12371	8-VII-72	Ind.	Resoluciones cancelando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Córdoba.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Granada.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Granada.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincia de León.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de León.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Lugo.
163	12372	8-VII-72	Ind.	Resol. cancelando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Lugo.
163	12373	8-VII-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
163	12373	8-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Santander.
163	12373	8-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Segovia.
163	12373	8-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Soria.
163	12373	8-VII-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Valencia.
164	12457	10-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera.
164	12458	10-VII-72	Ind.	Resol. otorgando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Huelva.
164	12458	10-VII-72	Ind.	Resol. caducando permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
165	12529	11-VII-72	Ind.	Decreto otorgando en concurso el permiso de investigación de hidrocarburos denominado «Bureba» a «Compañía de Investigación y Exploraciones Petrolíferas, S. A.»; «American Petrofina Exploration Company»; «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón S. A.» y «Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A.», en Zona I. (Península).

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
VARIOS				
135	9927	6-VI-72	O. P.	Decreto modificando los capítulos IV y V del Reglamento de Policías de Aguas y sus Cauces de 14 de noviembre de 1958.
137	10134	8-VI-72	O. P.	Resol. concediendo autorización de un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Garrumber, en término municipal de Cornellá de Terri (Gerona), con destino a riegos, a favor de doña Matilde Pérez de Arenaza.
137	10135	8-VI-72	O. P.	Resol. autorizando a «Aguas de San Lorenzo, S. A.», aprovechamiento de aguas subálveas de la riera de San Clemente, en término municipal de Viladecáns (Barcelona).
137	10131	8-VI-72	O. P.	Resol. concediendo continuar la perforación de una galería que tiene autorizada y emboquillada a la cota de 1.360 metros sobre el nivel del mar, en el Barranco de Pedro Díaz, en el término municipal de Güimar (isla de Tenerife), y legalización de obras ejecutadas en la misma galería sin autorización, a favor de la Comunidad de Aguas «La Reina».
137	10136	8-VI-72	O. P.	Resol. publicando la autorización solicitada por D. José Hernández, para continuar la perforación de una galería en el monte de propios del Ayuntamiento de Santiago del Teide (Santa Cruz de Tenerife).
138	10238	9-VI-72	O. P.	Resol. autorizando dos aprovechamientos de aguas subálveas del torrente de Cal Masip o Cal Gual a favor del Ayuntamiento de San Martín de Tous, en su término municipal, con destino al abastecimiento de la población.
138	10238	9-VI-72	O. P.	Resol. autorizando a don Juan Barenys Xatruch y don Juan Esteban Barenys Pérez de un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Vespella o Salomó, en término municipal de la Riera de Gayá (Tarragona)
140	10429	12-VI-72	E. C.	Resol. declarando minero-medicinal las aguas del manantial que se cita. Delegación Provincial de Teruel.
140	10408	12-VI-72	P. G.	Orden disponiendo cumplimiento de la sentencia recaída en el recurso contencioso-administrativo interpuesto por el Instituto de Ingenieros Civiles de España contra Decreto núm. 1102, de 29-IV-71.
139	10337	10-VI-72	Ind.	Decreto actualizando la composición de la Comisión Permanente de Dirección del Plan de Obras, Colonización, Industrialización y Electrificación de la Provincia de Jaén y de su Comité de Coordinación y Gestión.
140	10432	12-VI-72	Ind.	Orden disponiendo el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado denominada «Ebro» para toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos líquidos y gaseosos, en las provincias de Burgos, Soria, Logroño, Alava, Guipúzcoa, Navarra, Zaragoza y Huesca.
144	10777	16-VI-72	Ind.	Corrección de erratas de la Orden de 29-abril-1972 por la que se dispone el levantamiento de la reserva provisional a favor del Estado de minerales de mercurio en zonas denominadas «Usagre» (Badajoz), «Turre» y «Sorbas» (Almería), «Chovar» (Castellón de la Plana), «Baza» (Granada y Almería) y «Alpujarras» (Granada), con ordenación de la zona «Asturias-León» (Oviedo y León).
148	11119	21-VI-72	Ind.	Resol. declarando públicamente minero-medicinal las aguas del manantial que se cita.
150	11302	23-VI-72	O. P.	Resol. autorizando a don Francisco y don Félix Guerrero Gómez y don Antonio Gómez Prado para aprovechar aguas subálveas del río Seco, en término municipal de Nerja (Málaga).

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
150	11326	23-VI-72	Ind.	Decreto refundiendo los hoy vigentes sobre declaración de Zona de Preferente Localización Industrial del área del Campo de Gibraltar y se amplían los sectores beneficiables.
151	11363	24-VI-72	Ind.	Orden denegando la solicitud de inclusión de los filiados en la Sección B) de la Ley de Minas solicitada por don Siro Vega Rodríguez.
152	11509	26-VI-72	O. P.	Resol. autorizando a doña María del Carmen Muntadas Estruch de un aprovechamiento de aguas subálveas del río Llobregat, en término municipal de Pont de Molins (Gerona), con destino a riegos y atenciones ganaderas.
152	11510	26-VI-72	O. P.	Resol. concediendo a don Manuel Jimena Rodríguez aprovechamiento de aguas subálveas del río Seco, en término municipal de Nerja (Málaga).
152	11512	26-VI-72	O. P.	Resol. autorizando al Ayuntamiento de Papiol (Barcelona), aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Batsachs, en su término municipal, con destino al abastecimiento complementario de la población.
158	11910	3-VII-72	O. P.	Resol. otorgando concesión de aprovechamiento de aguas subálveas del río Sorreits, en término municipal de Gurb (Barcelona), con objeto de atender las necesidades del hostel «Can Pantano», a favor de don Ramón Almato Camprodón.
169	12760	15-VII-72	Ind.	Decreto modificando el artículo 6.º del Decreto 1095/1962, de 22 de mayo que regulaba precios y condiciones de venta de las hullas, declarando la no aplicación de dicho artículo a las hullas obtenidas en explotaciones a cielo abierto.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

A. C. LÓPEZ GARRIDO y F. JEREZ MIR: *La serie estratigráfica de Navalperal. Serie tipo del Mesozoico prebético en la región de Orcera Siles (provincia de Jaén)*. «Acta Geológica Hispánica», año VI, núm. 1, págs. 15 a 18, enero-febrero de 1971.

En el trabajo establecen la serie tipo para el mesozoico Prebético en la región de Orcera y Siles, describiendo las litofacies y biofacies presentadas en diferentes tramos.

Comprende términos desde el Lías hasta el Senonense y ponen de manifiesto varias lagunas estratigráficas.

L. SOLÉ SUGRAÑÉS: *Estudio geológico del Pre-pirineo español entre los ríos Segre y Llobregat*. «Acta Geológica Hispánica», año VI, núm. 1, págs. 8 a 12, enero-febrero de 1971.

Este trabajo es un resumen de la memoria presentada con el mismo título por el autor, en la Facultad de Ciencias de Barcelona, para la colación del Grado de Doctor.

En él se estudia la estratigrafía y paleogeografía de los sedimentos posthercinianos desde el Pérmico al Eoceno, co-

rrespondientes al sector del Prepirineo meridional entre los ríos Llobregat y Segre. Define para este sector seis nuevas formaciones litoestratigráficas y estudia las características de otras ocho formaciones consideradas anteriormente por otros autores.

C. MARTÍ BONO y L. SOLÉ SABARÍS: *Nota sobre la Geomorfología de la Cuenca del Alto Aragón*. «Acta Geológica Hispánica», año VI, núm. 1, págs. 13-14, enero-febrero de 1971.

Discuten los autores la posibilidad de captura entre los ríos Aragón y Gállego, y rectifican algunas observaciones anteriores.

MINERIA

Síntesis Geológica del Plan Nacional de la Minería. Núm. IV, 146 págs. y un anejo con cartografía. Madrid 1971.

Dentro del «Programa Nacional de Investigación Minera» de la Dirección General de Minas, se publica este cuarto tomo, encaminado a la obtención de un mapa de síntesis del territorio peninsular y del insular a escala 1/200.000.

La escala 1/200.000 fue seleccionada como típica para los conjuntos provinciales, tanto por los Institutos Geográfico y Estadístico, como por el Instituto Geológico y Minero. En esta escala ya se habían editado varios conjuntos provinciales, algunos con trabajos muy minuciosos para su escala. En algunas zonas, los conocimientos geológicos, no eran lo suficientemente detallados para realizar la representación a escala superiores a la 1/400.000 del cual ya se habían hecho cinco ediciones.

Comienza el tomo con una introducción, donde se expone el estado actual del problema y quienes colaboraron a la realización de la síntesis. Acompaña un gráfico sobre el estudio de las Hojas a escala 1/50.000, con un criterio discutible.

Los sucesivos capítulos son: Distribución geográfica de equipos. Metodología y tratamiento de la información. Ejemplos.

Completa el tomo tres anejos: Memoria de la Hoja número 2 (Smara) del Sahara a escala 1/500.000. Memoria de la Hoja de Bilbao. Informe de la reunión preliminar del Programa internacional de correlación geológica.

En el anejo de cartografía se incluye una hoja a escala 1/200.000 con su Memoria. El cuadro cronoestratigráfico. La Hoja de Smara 1:500.000 y siete Hojas de la Península a 1/200.000.—L. DE A.

Análisis de permisos de investigación y concesiones de explotación, del Plan Nacional de la Minería, núm. V. Madrid 1971, 165 págs.

Cuando leo este tomo, inesperadamente tuve un recuerdo hacia un Ingeniero de Minas, fallecido, Sebastián Padilla y López de Anca, quien en varias ocasiones del decenio de los cuarenta, planteó a la Dirección del Instituto Geológico y Minero de España, la necesidad de efectuar el estudio reflejado en este tomo. Su idea era todavía más ambiciosa, ya que debía completarse con los datos mineros administrativos antiguos que existiesen tanto en publicaciones como inéditos en los archivos de los organismos oficiales, pertenecientes a actividades canceladas aunque hiciese muchos años del cese de la actividad.

Los capítulos del tomo son: Metodología. Tratamiento de la información. Conclusiones. Anejos.

El capítulo de los anejos comprende las partes siguientes: Disposiciones legales y reglamentarias relativas a la investigación minera. Reservas a favor del Estado. Relación de permisos de investigación y concesiones de explotación. Examen de la actividad minera de algunas Hojas a escala 1/200.000.—L. DE A.

Mapa Metalogénico del Plan Nacional de la Minería, número VII, Madrid 1971, 158 págs. y un anejo.

Una de las preocupaciones del Instituto Geológico y Minero, fue mantener en todo momento al día, la cartografía relacionada con las sustancias minerales. Con tal motivo

se publicaron varios mapas, unos por iniciativa nacional y otros para cumplir los compromisos internacionales. Los más destacados de entre los que cubren la España peninsular son:

Mapa minero de España 1/1.000.000 de Concha y Suárez Feito. (Excluido hierro y carbón).

Mapa Geológico-minero de España: 1/500.000, de Peña. Mapa de manantiales minero-medicinales: 1/1.500.000, de Orti.

Mapa Geológico-minero de España: 1/2.500.000.

Mapa de los Criaderos de hierro de España: 1/2.500.000, de Pastor y Suárez Feito.

Mapa de los yacimientos carboníferos de España: 1/2.500.000, de Concha y Rey.

Mapa de las Aguas Minero-medicinales: 1/2.500.000, de López de Azcona.

El Mapa Metalogénico proyectado, caso de realizarse de acuerdo con el programa, situará a España entre los países más destacados de este campo de la cartografía temática.

Después de una introducción, la obra está dividida en tres partes:

1.ª Los mapas de yacimientos minerales, con capítulos referentes a antecedentes, tipos de mapas, confección y bibliografía.

2.ª Mapa metalogénico de España: 1/200.000, con capítulos destinados a objetivos y fundamentos, simbología, metodología.

3.ª Mapas metalogénicos: 1/1.500.000 y áreas favorables de las sustancias prioritarias. Comprende los de aluminio, azufre, bismuto, cinc-plomo, cobre, estaño, fluor, fosfatos, hierro, hulla, manganeso, mercurio, níquel, oro, plata, potasas, sal común, titanio y wolframio.

En el anejo, se incluye una colección de mapas metalogénicos a escala 1/2.500.000 y reproducciones reducidas de algunas maquetas de las hojas a escala 1/200.000.—L. DE A.

Programa sectorial de investigación de minerales radiactivos, del Plan Nacional de la Minería. Núm. XII. Madrid, 1971, 141 págs.

Al programar un plan de esta importancia, recordamos los primeros pasos dados en España en la investigación de minerales radiactivos, los de la «Sierra del Guadarrama», por Muñoz del Castillo en la primera década del siglo, y los de Carbonell en la década de los treinta por Sierra Albarrana, en el Coto que hoy tiene su nombre.

La primera parte se refiere a la geología, metalogénica, génesis y clasificación de los indicios y yacimientos.

La segunda relaciona los indicios y yacimientos, separando los yacimientos petrogenéticos de los metalogénicos.

La tercera se ocupa de la prospección e investigación de indicios y yacimientos.

La cuarta trata de las reservas uraníferas españolas y posibilidades de producción de concentrados en los próximos años.

Las necesidades del uranio en el mercado interior, en

conexión con el programa eléctrico nacional, forman el capítulo quinto.

Destinan el sexto al programa, compuesto de dos subcapítulos, el de prospección y el de presupuesto de los trabajos.

Completa la publicación una bibliografía ordenada cronológicamente, con citas a partir de 1957.—L. DE A.

Programa sectorial de investigación de minerales de plomo y cinc, del Plan Nacional de la Minería. Núm. XIV. Madrid 1971, 228 págs.

Los títulos de los capítulos de esta obra son: Introducción. Yacimientos de plomo y cinc en España. Anteproyecto de explotación minera para el cuatrienio 1972-75. Anteproyecto de exploración minera en Mazarambroz (Toledo). Valle de Alcudia (Ciudad Real). Batolito de los Pedroches. Linares la Carolina (Jaén). Vélez Málaga-Otivar. Zona Alanix-Cerro Muriano (Sevilla-Córdoba). Cartagena-Mazarrón (Murcia). Mora de Rubielos-Lucenas del Cid (Teruel-Castellón). Región del Priorato (Tarragona).—L. DE A.

Programa sectorial para la investigación de otros minerales del Plan Nacional de la Minería. Núm. XV. Madrid 1971. 420 págs.

Los minerales objeto de este tomo son: aluminio, azufre, bismuto, cobre, fluor, estaño-wolframio, fosfatos, manganeso, mercurio, níquel, oro, plata, potasas, sal común.

Para cada uno de ellos, se consideran los puntos siguientes: Análisis económico. Tipos de yacimientos. Distribución geográfica de las manifestaciones minerales. Áreas favorables. Datos de interés. Conclusiones y recomendaciones.

Al final se incluye una bibliografía, separada para cada clase de mineral, ordenada alfabéticamente por provincias y dentro de ellas por apellidos.—L. DE A.

GEOTECNIA

Programa sectorial para la confección del Mapa Geotécnico nacional, del Plan Nacional de la Minería. Núm. IX. Madrid 1971, 148 págs.

Demostración del interés que siempre han tenido en España las rocas industriales, la encontramos en la publicación de su cartografía temática. Del siglo pasado destaca el Mapa Petrográfico del Reino de Galicia, de Guillermo Schulz (1884), con el mérito de realizar simultáneamente la topografía, por cierto bastante precisa, y la petrografía. A principios del siglo actual destaca el petrográfico de Vizcaya a escala 1/1.000.000 (1900), de Adán Yarza, entre los regionales y entre los peninsulares el Mapa Litológico a escala 1/500.000, de Oriol Riba (1969).

El programa ahora planteado es mucho más ambicioso, según se aprecia en su Memoria. Comienza con una intro-

ducción, donde se trata la exposición de motivos y el programa a realizar. El capítulo dedicado a objetivos consta de tres partes: confección del mapa, investigación de los recursos de rocas industriales y estudios geotécnicos de las explotaciones mineras. El capítulo dedicado al desarrollo del programa, lo divide en otras tres partes: introducción, metodología y proyectos a realizar.

Consta la obra de dos anexos: uno referente a la zona sureste del Plan Nacional de Investigación de yesos y otro de bibliografía, donde se incluye una amplia y en muchos casos general y no se citan publicaciones nacionales muy relacionadas con los fines del Mapa Geotécnico Nacional.

La realización de este mapa tan ambicioso, es una aportación más de la importancia que se da en España a la cartografía temática, que por los proyectados, la situarán si se realizan a la cabeza de los países más cultos y adelantados en la especialidad.—L. DE A.

SEDIMENTOLOGIA

E. SAINZ-AMOR: *Los arenales costeros de Cabo Palos y de la isla Grossa (Murcia)*, «Acta Geológica Hispánica», año VI, núm. 1, págs. 19 a 23, enero-febrero de 1971.

En los arenales costeros de Cabo Palos y de la isla de Grossa en la provincia de Murcia distingue mineralógicamente el autor tres arenales. Costa de Poniente, costa de Levante e isla Grossa.

Las playas de la Costa de Poniente se caracterizan por la presencia constante de dolomita, hornblenda y por los minerales opacos. La costa de Levante es más rica en especies mineralógicas que la de Poniente, dominando la dolomita, los piroxenos y la turmalina; y en la isla de Grossa predominan los piroxenos, especialmente la enstatita. La proporción de carbonatos es muy elevada en todas las muestras del orden del 20 al 50 por 100.

Domina en las playas de la Costa Poniente la arena de grano grueso, y en las playas de levante e isla de Grossa la arena fina, los cantos son abundantes en las playas de Poniente y están presentes en las de Levante. Cabo de Palos parece actuar de barrera, separando dos provincias petrogenéticas.

PALEONTOLOGIA

JORGE FERRER: *Presencia de macroforaminíferos priabonenses en el Eoceno de Igualada*. «Acta Geológica Hispánica» año VI, núm. 1, págs. 4 a 7. enero-febrero de 1971.

Procedentes de la región de Igualada, se describen por vez primera, macroforaminíferos de edad priabonense: *Pellatispira madarazi* (Hantken), *Grzybouskia reticulata* (Ruetimeyer) y *Biplanispira* ? sp.

JUAN BAUZÁ RULLÁN: *Contribuciones al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de Cataluña*. «Acta Geológica Hispánica», Año VI, núm. 1, enero-febrero de 1971, páginas 1 a 3.

Describe el autor una forma nueva de la fauna ictiológica del Mioceno de Cataluña «Olérdola»: *Ginglymostoma del fortiei*.

GEOLOGIA MARINA

MANUEL DE MIRÓ ORELL: *Morfología submarina y sedimentos marinos recientes del margen continental del Nororiente de Venezuela*. «Acta Geológica Hispánica», año VI, número 1, págs. 24 a 31, enero-febrero de 1971.

Este trabajo es un resumen del presentado para la colación del Grado de Doctor en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Barcelona. En él se da una distribución regional de las facies sedimentarias actuales de la plataforma y talud continental del NE. de Venezuela, aprecia la relación que guardan con el ambiente y determina los principales factores causantes de la distribución de cada facies. El propósito remoto es aportar nuevos conocimientos de las facies actuales del mundo para contribuir a la mejor comprensión de las facies antiguas.

La redacción la divide en tres partes. En la primera se estudian los aspectos generales de mayor importancia para establecer el ambiente geológico: geología y morfología costeras, clima, drenaje, oceanografía y muy especialmente morfología submarina.

En la segunda las propiedades de los sedimentos, textura, tamaño de grano, contenido en carbonato cálcico y materia orgánica, composición terrígena, biogena y autógena y minerales pesados de la fracción arena y su relación con el ambiente. En la tercera se agrupan los sedimentos según sus propiedades y los factores ambientales y establece las facies.

Discute las facies de NE. de Sudamérica desde Recife (Brasil) hasta Caracas y compara el patrón observado con el de otras regiones del mundo.—L. DE A.

NUCLEONICA

HENRY VIALETES, JEAN ROCCHESANI, PIERRE LEMURE: *Problèmes de radioprotection poses par l'utilisation d'une cible d'uranium naturel avec un accélérateur linéaire d'électrons. Dispositifs de radioprotection et de sécurité a mettre en oeuvre*. Rapport CEA-R-4188, pág. 32, 1971.

La utilización de un blanco de uranio natural para la producción de neutrones con un acelerador lineal de electrones presenta problemas de radioprotección particulares debidos a que, a las reacciones fotonucleares clásicas, se añaden las radiaciones de fotoescisión inducidas por los fotoneutrones que dan lugar a productos de escisión donde la liberación

intempestiva puede engendrar problemas serios de contaminación. Con la ocasión de un reciente incidente sobre el blanco utilizado con acelerador lineal de 60 MeV de Saclay, se efectuaron medidas de actividad sobre cierto número de muestras. Se ha puesto de este modo en evidencia la existencia de una decena de radionúcleos con períodos comprendidos entre treinta minutos y treinta años, de los cuales las actividades son tales, que la combustión de un gramo de blanco conduciría a una liberación de productos de escisión con períodos medios y largos (superiores a una hora) cercanos a 30 mCi. Esta cifra destaca la importancia de un accidente de contaminación sobre una instalación de este tipo y es esta la razón por la cual el informe a que nos referimos describe los dispositivos a tener en práctica, por una parte para detectar lo más rápidamente posible la aparición de la contaminación, y por otra para canalizar y retener esta contaminación de manera de evitar un accidente de contaminación personal y la propagación de esta contaminación hacia el exterior.—L. DE A.

QUIMICA MINERAL

Realisation d'échantillons de référence impuretes dans l'oxyde de plutonium, por le groupe de travail 3 «Analyse du plutonium et de ses composés» de la CETAMA. Rapport CEA-R-4225, 23 págs. 1971.

Este grupo de trabajo ha realizado una gama de seis ejemplares de referencia conteniendo leyes conocidas de impurezas en el óxido de plutonio, mezclando un polvo con una veintena de elementos con óxido de plutonio obtenido por la oxidación de metal muy puro. Han tomado grandes precauciones para evitar la contaminación y asegurar la homogeneidad. Las verificaciones efectuadas en varios laboratorios han permitido determinar las leyes más probables para los dieciséis elementos siguientes: Al, Be, B, Co, Cr, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, Sn, Ti y Zn. Gracias a la experiencia adquirida es posible disponer de una cantidad que permite satisfacer las necesidades de los laboratorios de análisis durante varios años.—L. DE A.

CONTAMINACION

JEAN-CLAUDE HARDUIN: *Surveillance biotoxicologique des Travaillleurs exposes a un risque de saturnisme étude systematique des amino-acides urinaires et plasmatiques*. Rapport CEA-R-4249, 190 págs., 1971.

Establece el balance biotóxico de los obreros en una empresa que trabaja el plomo. Hace un llamamiento de los conocimientos en cuanto se refiere al saturnismo profesional y muestra la importancia del trabajo del plomo en los centros nucleares. Da para cada puesto de trabajo de cada uno de los obreros los resultados de muestreo con contro-

les atmosféricos sobre el tajo, así como la técnica de su toma. El balance biológico lo realiza sobre la exploración cromatográfica de amino-ácidos sanguíneos y urinarios, y expone la técnica de valoración utilizada y describe las diferentes modificaciones técnicas aportadas a la técnica de referencia. Compara los resultados obtenidos en las casas de los sujetos que han servido de testigo y los resultados encontrados en la literatura especializada. Los resultados obtenidos en las casas de los plomeros son expuestos, así como bajo la forma de histogramas que permiten visualizar mejor las diferencias obtenidas con los sujetos testigos. Ha efectuado y correlacionado los balances hematológicos y toxicológicos y compara los resultados de las valoraciones urinarias de coproporfirinas, del plomo y del ácido delta-aminolevulinico. El interés de la investigación biológica del saturnismo reside en su precocidad y permite así, al médico de trabajo, prevenir los efectos de esta enfermedad profesional antes de toda manifestación clínica.—L. DE A.

PAR FRANÇOIS TEULON: *Utilisation des vegetaux pour detecter la pollution fluoree autour d'une usine susceptible d'emettre des affluents gazeux fluores*. Rapport CEA-R-4207, 31 págs., 1971.

La detección de una contaminación fluorada (crónica o accidental) alrededor de una fábrica susceptible de emitir efluentes gaseosos fluorados, puede ser ventajosamente realizada, por una red de muestreos vegetales seguido de las valoraciones químicas. Una vigilancia sistemática permite una evaluación de las consecuencias, en el grado de la gravedad de la contaminación. Los métodos de análisis consisten en una doble destilación (en el ácido fosfórico y en el ácido perclórico) seguido de una espectrocolorimetría (alzarina-complexon-lantano). Este método de verificar, permite no solamente comprobar si las instalaciones de captado son eficaces, sino igualmente localizar los puntos de emisión imprevistos. En caso de accidente, se puede igualmente juzgar la oportunidad de prohibir el consumo de legumbres por los habitantes y de forraje por el ganado de los alrededores. En fin, los estudios experimentales fueron realizados para establecer relaciones entre las lesiones visibles sobre los vegetales y la ley en fluoruros de sus tejidos. Resulta de los ensayos sobre diferentes vegetales (tomates, judías, sorgos) que esta relación existe sobre todo al nivel de las hojas. Se podrá así, por la valoración química, confirmar el diagnóstico visual de las lesiones fluoradas o al contrario, averiguar e investigar otra causa.—L. DE A.

BIOGRAFIA

Dictionary of Scientific Biography. Vol. IV (Dedekind a Firmicus Maternus). American Council of Learned Societies. Editor Charles Scribner's, New York 1971.

Entre los científicos cultivadores de geología y ciencias afines figura en este volumen: De Gloyer, Everette (Greens-

burg 1886-1956), geofísico. Desarrolló las técnicas sísmicas de reflexión y refracción para las prospecciones petrolíferas, principalmente en México, y descubrió un número elevado de domos salinos.

Deluc, Jean (Génova 1727-1817), geólogo. Sus trabajos iniciales fueron concordistas del génesis y la geología, siendo el primero que consideró los seis días de la creación como épocas y relacionó la historia de la tierra y del hombre, dedicando también sus actividades a los aspectos físicos de la tierra.

Deperet, Charles (Perpignan 1854-1929), paleontólogo y estratógrafo. Después de aportar datos nuevos a la geología del Roussillon, destacó en la clasificación de los tiempos cuaternarios en su relación con el hombre. Tuvo actividades geológicas en España.

Des Cloizeaux, Alfred (Beauvais 1817-1897), mineralogo y cristalógrafo. Estudió la forma cristalina y las propiedades ópticas de la materia cristalina, determinando las características ópticas de 500 sustancias.

Deshayes, Gerard (Nancy 1797-1875), paleontólogo. Publicó la descripción de las conchas fósiles de los alrededores de París. Dividió el Terciario en tres períodos, según las especies de sus moluscos.

Desmarest, Nicolas (Soulaines-Dhuys 1725-1815), geólogo. Sostuvo que en la antigüedad estuvieron unidas Inglaterra y Francia. Estudió los sismos y los efectos por ellos producidos. Dedicó mucho tiempo al estudio de los basaltos, así como las diferentes rocas a las que se les fue dando este nombre y en general al estudio de los volcanes.

Desor, Pierre (Friedrichsdorf 1811-1882), glaciólogo, geólogo, paleontólogo, estratógrafo. Describió la estructura geológica de los Alpes, hizo una catalogación de los equinos modernos y también trabajó en las formaciones pliocenas de Italia.

Dollo, Louis (Lille 1857-1931), paleontólogo. Destacó por sus estudios de la evolución en relación con la paleontología.

Dolomieu, Dieudonne (Dolomieu 1750-1801), geólogo. Estudió los productos volcánicos y su clasificación. Fue defensor de la idea de relacionar los conocimientos químicos con los mineralógicos.

Dufrenoy, Ours-Pierre (Sevran 1792-1857), geólogo y mineralogo. Escribió un tratado de mineralogía en cuatro tomos. Colaboró activamente en la carta geológica de Francia a escala 1:500.000.

Du Toit, Alexander (Rondebosch 1878-1948), geólogo. De un estudio de geología comparada, de América del Sur con África del Sur, establece la teoría sobre la deriva de los continentes (1927).

Dutton, Clarence (Wallingford 1841-1912), geólogo. Su aportación principal en el campo de la geología es el informe sobre la meseta alta de Utah.

Eichwald, Karl (Mitau 1795-1876), geólogo y paleontólogo. Sugiere la conveniencia de relacionar la paleontología con la geología a través de las condiciones fisiogeográficas ambientales aplicadas a la datación. Colaboró en el estudio del origen de ciertas rocas y minerales.

Ekeberg, Anders (Stockholm 1767-1813), mineralogo. Con

extraordinario sentido anisista, trabajó en relación con los descubrimientos del gadolinio, itrio e iterbio.

Emmons, Ebenezer (Middlefield 1799-1868), geólogo. Establece una columna estratigráfica para América y correlación de estratos. Escribe un manual de mineralogía y geología.

Emmons, Samuel (Boston 1841-1911), geólogo y minero. Especializado en el estudio de la génesis de los criaderos minerales, establece su teoría sobre la primaria formación y en lenriquecimiento posterior.

Erman, Georg (Berlín 1806-1877), geofísico, geólogo y paleontólogo. Trabajó en Rusia y Siberia, así como en el norte de Asia, confeccionando un mapa geológico. También efectuó estudios del Cretácico del norte de España.

Escher con der Linth, Hans (Zurich 1767-1823), geólogo. Estudia la estructura geológica de los Alpes y sostiene la mayor influencia en la formación de los valles de la erosión fluvial.

Escholt, Mikkel (1610-1669), geólogo. Su geología sobre Noruega (Oslo 1657) es la primera obra científica impresa en Noruega.

Eskola, Pentti (Lellanien 1883-1964), petrólogo, mineralogista y geólogo. Trabajó inicialmente en las reacciones del estado sólido y prosiguió con las diferenciaciones en facies metamórfica y magmática. Mucho le preocuparon los problemas del origen de las rocas metamórficas, así como de los magmas graníticos.

Evans, Frederick (London 0000-1885), geomagnetólogo. Publicó cartas de equideclinación magnética destinadas a la navegación.

Evans, Lewis (Llangwnadl 1700-1756), geólogo y geomorfólogo. Fue de los pioneros en cartografía geológica y sus mapas representaban los minerales de interés económico e indicaciones del tipo de rocas.

Falconer, Hugh (Forres 1808-1865). Estudió los vertebrados fósiles, principalmente los mamíferos. En varias partes de Europa realizó investigaciones sobre el hombre prehistórico.

Fankuchen, Isidor (Brooklyn 1905-1964), cristalógrafo. Cultivó la aplicación de la difracción de rayos X a la cristalografía y destacó en el estudio de los compuestos macromoleculares.

Farey, John (Woburn 1766-1826), geólogo. Estudió la distribución de minerales y rocas y los representa en su mapa de Derbyshire y colorea a mano la geología.

Faujas de Saint-Fond, Barthélemy (Montelimar 1741-1819), geólogo. Estudió los volcanes de Vivarais y de Velay y otros posteriormente. Publicó la mineralogía de los volcanes. Sostiene que los basaltos son una roca volcánica y que ha de tener mucha importancia científica por sus características y manera de presentarse.

Fenneman, Nevin (Lima 1856-1945), geólogo. Considerado por los norteamericanos como uno de los fisiógrafos más destacados, estudió las formas del terreno y su evolu-

ción, siendo su aportación fundamental la fisiografía de los Estados Unidos.

Fenner, Clarence (Slifton 1870-1949), petrólogo y vulcanólogo. Estudió las relaciones genéticas de minerales de origen volcánico, el fraccionamiento de los basaltos, la inmiscibilidad de los magmas y el papel de los elementos volátiles.

Ferrel, William (Bedford 1817-1891), geofísico matemático. Consideró la meteorología como una rama procedente de la física matemática. Trabajó ampliamente en la teoría relativa a la superficie terrestre y las corrientes aéreas.

Fersman, Aleksander (Petersburg, 1883-1945), mineralogista y geoquímico. Contribuyó a la solución teórica del problema geoquímico de la frecuencia de distribución de los elementos químicos en la corteza terrestre.

Pocos son los espeólogos representados en este tomo: El primero es un célebre cultivador de la química mineral. Doelter Cisterich y de la Torre, Cornelio (Arroyo 1850-1930). Español de naturalidad, aunque después tuvo la nacionalidad austriaca e hijo de español. Estudió el origen de las dolomitas, la absorción del agua por la ceolita deshidratada, la solubilidad de los silicatos en el agua, es cofundador de la fisicoquímica de la mineralogía, propagandista científico de la gemología y en general estableció las bases de la petrografía moderna.

Elhuya, Fausto (Logroño, 1755-1833), ensayista, mineralogista y minero. Además de descubridor del volframio, inspiró la creación en Méjico del Real Seminario de Minería y el Real Tribunal de Minería. A su regreso a la metrópoli fue el organizador del ramo de la minería en España.

Elhuyar Juan José de (Logroño 1754-1796, químico y metalurgista. Colaboró con Fausto en el descubrimiento del volframio. Exploró y explotó las minas de plata «Mariquita» de Colombia y aportó nuevas técnicas de beneficio por amalgamación, así como para aislar el platino.

Ibn Ezra, Abraham Ben Meir (Toledo 1090-1167), matemático y astrónomo. Su obra «Libro de la unidad» describe la teoría de los números del 1 al 9. «Libro de los números», las operaciones aritméticas principales. El tercero se ocupa del sistema decimal. Retorna al uso de las letras hebreas como numerales. Su obra sobre el astrolabio fue traducida a muchas lenguas.

Junto con esta representación, podrían dignamente figurar en esta pléyade el navegante Díaz de Soto, el inventor de cañones Díaz Ordóñez, el geofísico Duperier, el metalúrgico Duro y Benito, el navegante Duaz y Dias, el premio Nobel (1904) Echeagaray, el navegante Echeveste, el minero Egozcue, el navegante El Cano, el metalurgista Escosura, el geógrafo España, el médico Esquerdo, el minero Ezquerria, el crítico científico Feijoo, el navegante Fernández, el matemático Fernández Cardín, el minero Fernández de Castro, el médico Ferrán y el navegante Ferrer. Esperamos que en el suplemento anunciado se incluyan algunos de estos nombres.—L. DE A.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO 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 marcado 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 o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

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 vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, 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.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

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 GEOLÓGICO 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