



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».

Testiguo 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

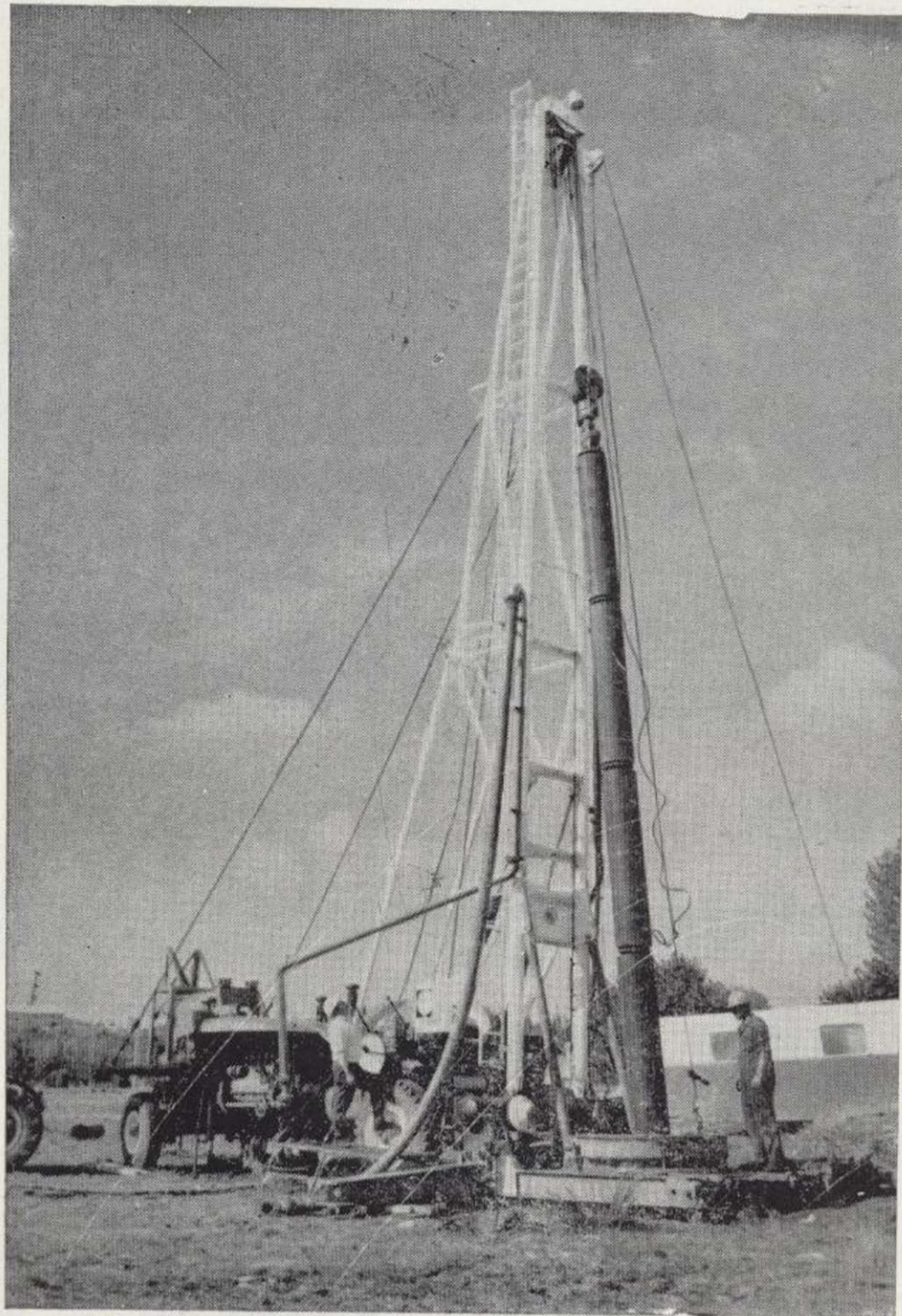
BARCELONA
 Sicilia, 105 - 2.º
 Tel.: 2 26 33 37

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

EQUIPAMIENTO ANTIDIFLAMANTE PARA AMBIENTES
 EXPLOSIVOS

ISA
SAIE

ISODEL SPRECHER, S. A.
 Madrid, Mendez Alvaro, 12 Apartado 7087



ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS

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

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

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

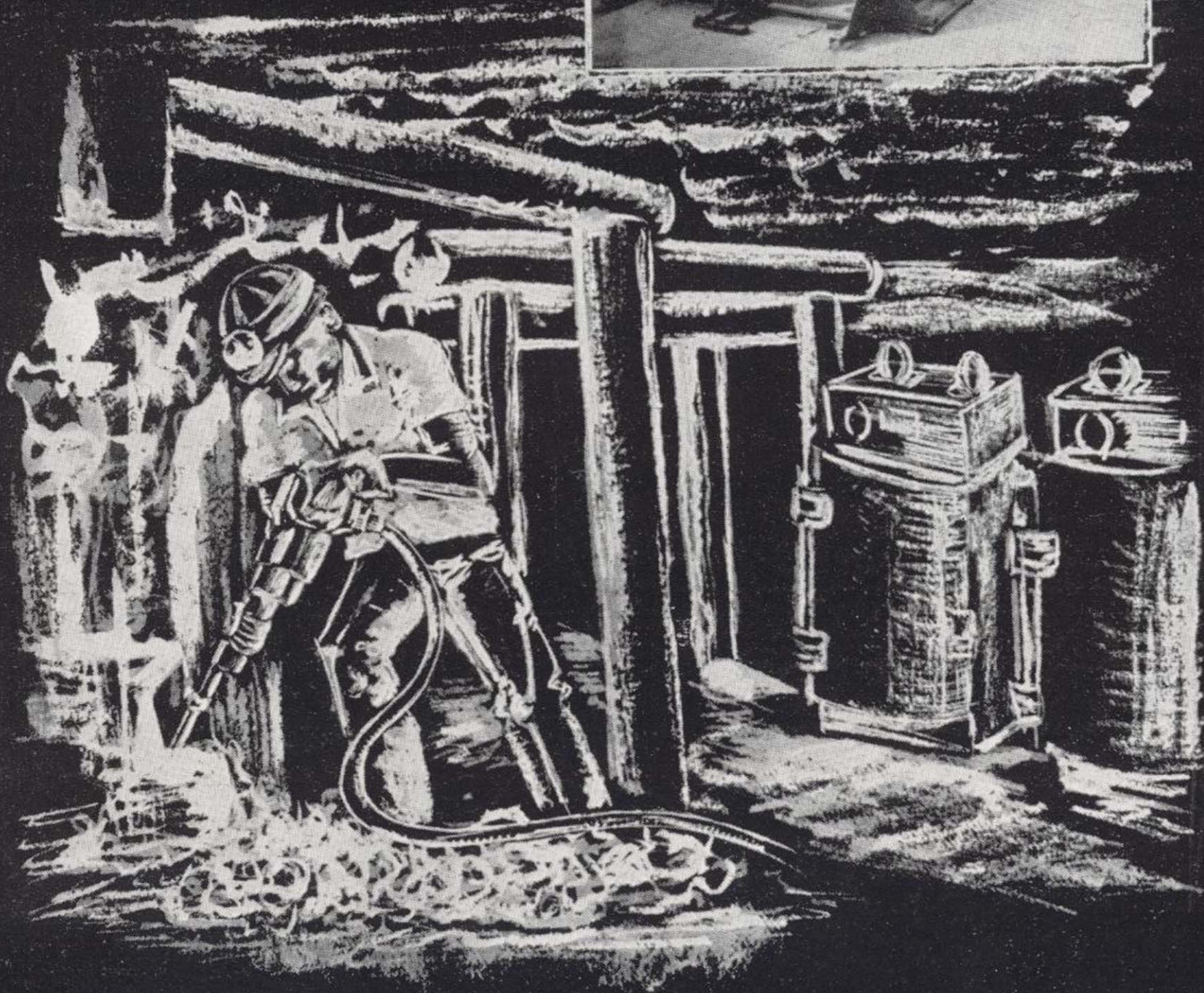
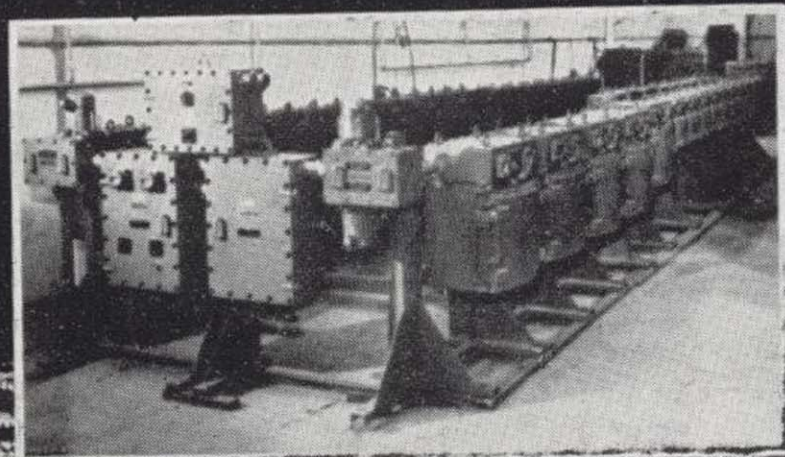
SONDEOS DE RECONOCIMIENTO

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

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

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

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



RECURSOS NATURALES S.A.

RENASA

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

INGENIEROS CONSULTORES

MINERIA - AGUAS SUBTERRANEAS - CANTERAS -
EDAFOLÓGIA

ESTUDIOS Y PROYECTOS - VALORACIONES -
ASESORIA TÉCNICA - 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 metros.

* * *

Consúltenos para cualquier problema de agua que
tenga para su finca o su industria.

* * *

ERNESTO RODES MARTI

Avda. J. Antonio, 21 - Apartado 180 - Teléfono 359

VILLENA (Alicante)



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



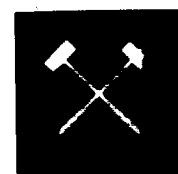
CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.

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

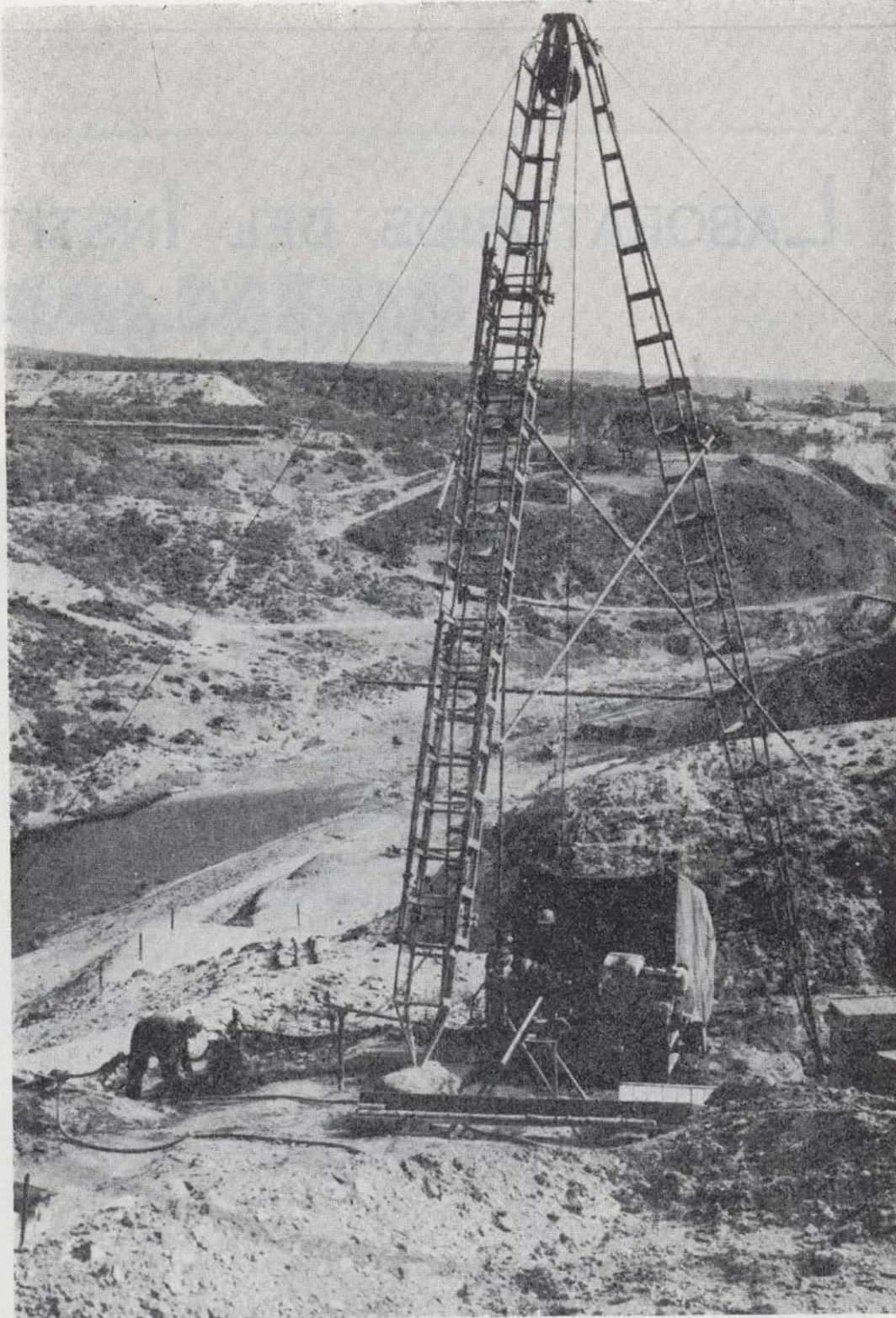
Servicios especializados en

GEOFISICA
GEOLOGIA
FOTOGEOLOGIA
ESTRATIGRAFIA
PETROLOGIA

SONDEOS
METALOGENIA
GEOQUIMICA
GEOESTADISTICA
MINERALOGIA
HIDROGEOLOGIA

domicilio social: serrano núm. 116, madrid 6. teléfono 261 79 02
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12 getafe (madrid)
teléfonos 797 09 50/54/58

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.

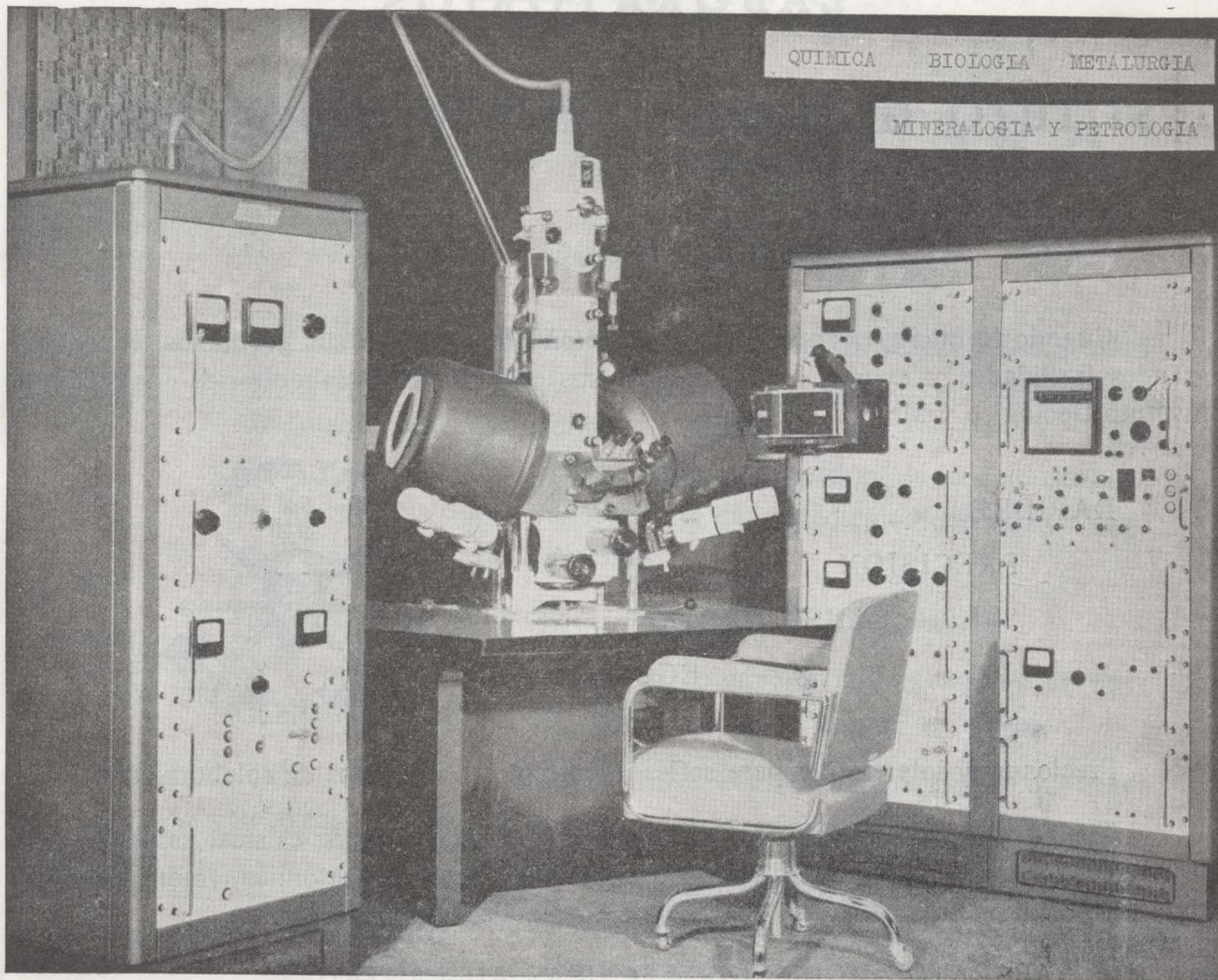
Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua. - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

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 aserrado de materiales de construcción, etc.

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

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

**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.

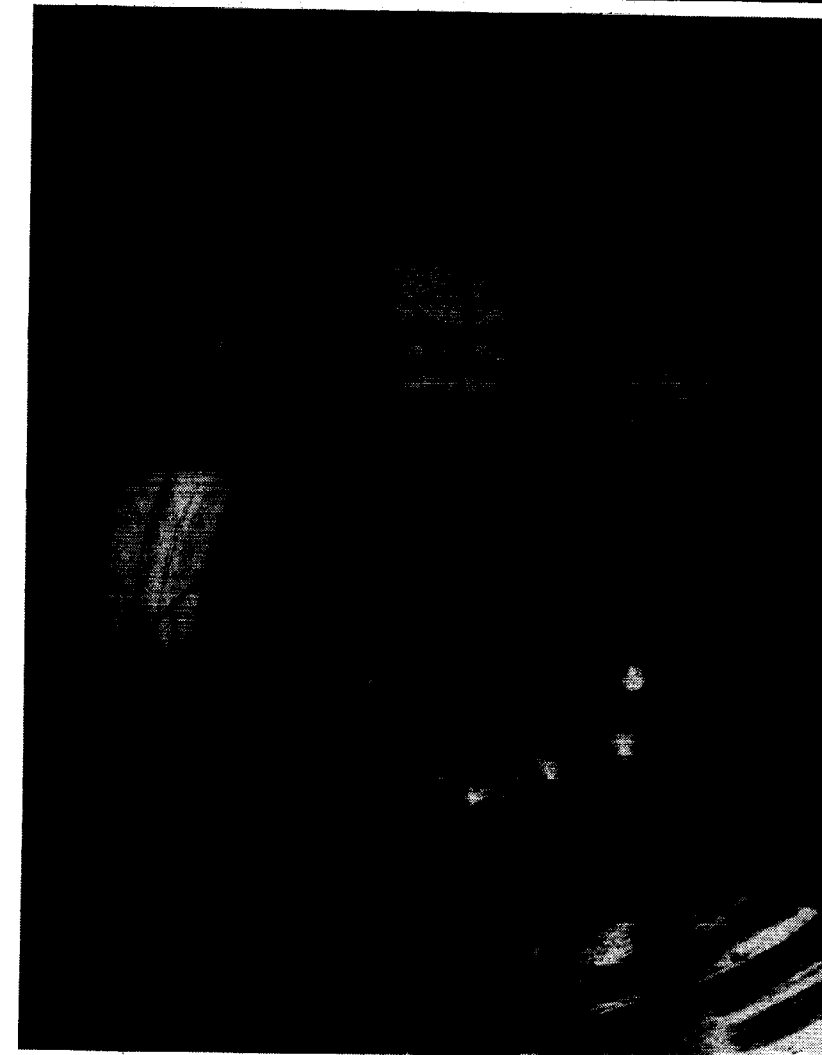
Para mayor información y pedidos, dirijase a:

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
Telefax 22604 - RODIO e

VILLARINO
Calle de la Industria, 70
Teléf. 250 29 81
Telex 52243 - RODIO e

VILLA
C/ Reina Mercedes, 17, 19
Teléf. 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

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:50.000

Hoja y Memoria núm. 536	Guadalajara	250 pesetas
» » » 537	Auñón	250 »
» » » 840	Bienservida	250 »
» » » 865	Siles	250 »

MAPA GEOLOGICO NACIONAL, Escala 1:200.000 (SINTESIS DE LA CARTOGRAFIA EXISTENTE)

Hoja y Memoria núm. 14	Viella	400 pesetas
» » » 25	Figueras	400 »
» » » 33	Lérida	400 »
» » » 39	Sigüenza	400 »
» » » 78	Baza	400 »

Con anterioridad fueron publicadas las siguientes Hojas y Memorias:

1, La Coruña. 2; Avilés. 3, Oviedo. 4, Santander. 5, Bermeo. 7, Santiago de Compostela. 8, Lugo. 9, Cangas de Narcea. 10, Mieres. 11, Reinosa. 12, Bilbao. 15, Artiés. 16/26, Pontevedra - La Guardia. 17, Orense. 18, Ponferrada. 19, León. 20, Burgos. 21, Logroño. 24, Berga. 27, Verín. 28, Alcañices. 29, Valladolid. 30, Aranda de Duero. 31, Soria. 32, Zaragoza. 36, Vitigudino. 38, Segovia. 40, Daroca. 43, Plasencia. 45, Madrid. 50, Valencia de Alcántara. 51, Cáceres. 58/59, Villarreal-Badajoz. 60, Villanueva de la Serena. 61, Ciudad Real. 69, Pozoblanco. 70, Linares. 76, Córdoba. 84/85, Almería-Garrucha.

MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Tomo 79: Estudio Geológico de la Provincia de Guipúzcoa (con mapa provincial E. 1:50.000, 2 tomos)	500 pesetas
Tomo 80: El Paleozóico Inferior y Medio de la cordillera cantábrica entre los ríos Porma y Bernesga (León)	300 »
Tomo 81: Mapa Hidrogeológico Nacional; Explicación de los mapas de lluvia útil, de reconocimiento hidrogeológico y de síntesis de los sistema acuíferos. (como anexo se adjuntan dichos mapas)	500 »

Para pedidos e información:

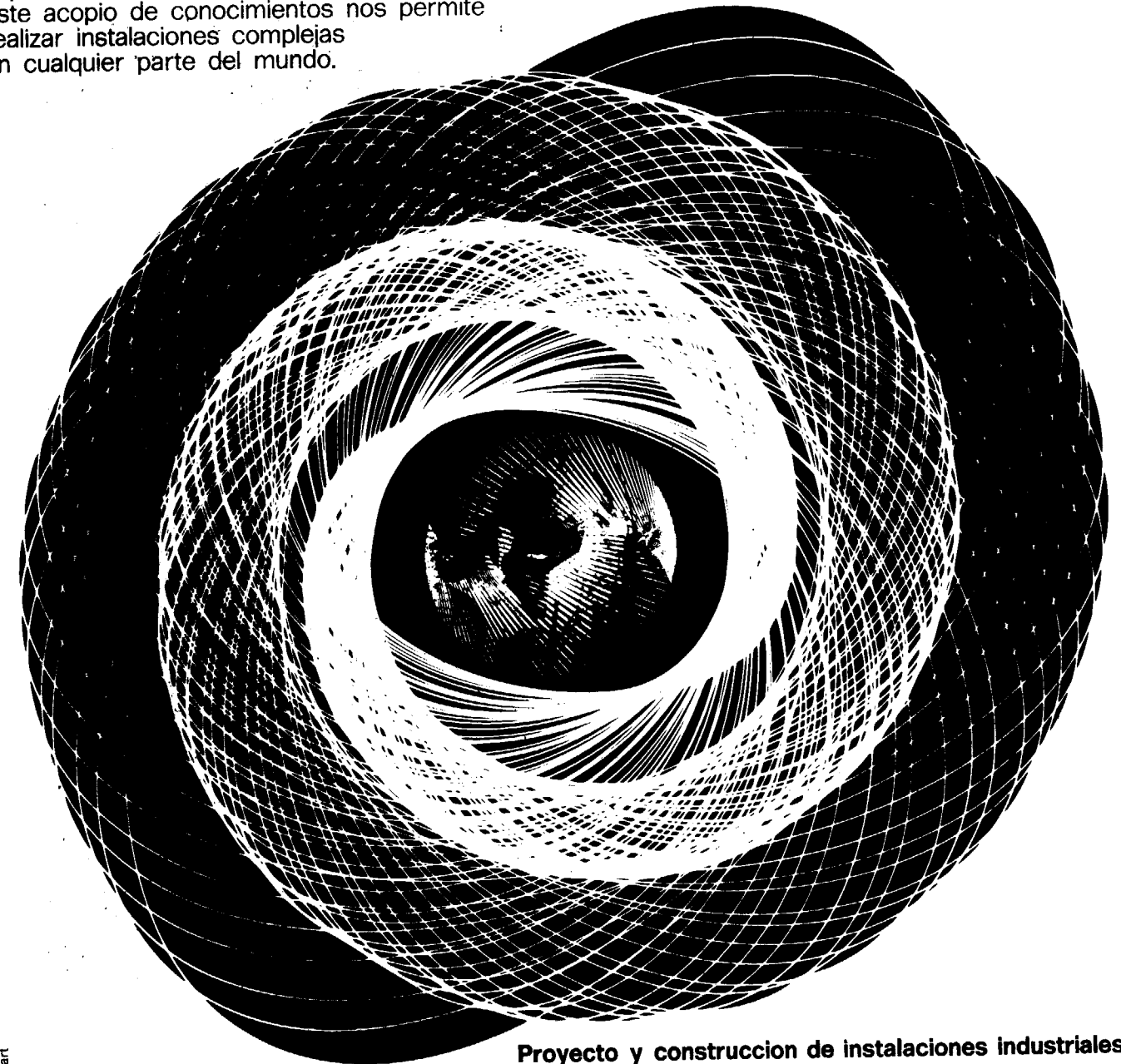
SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

Claudio Coello, 44, Teléfonos 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID - 1

experiencia 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.



F/1 cart

Proyecto y construcción de instalaciones industriales

McKEE-CTIP INGENIEROS SA

Avenida Generalísimo 71/A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Makibermad

Asociada de

Arthur G. McKee & Company, Cleveland, Ohio, Usa

Ctip, Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia

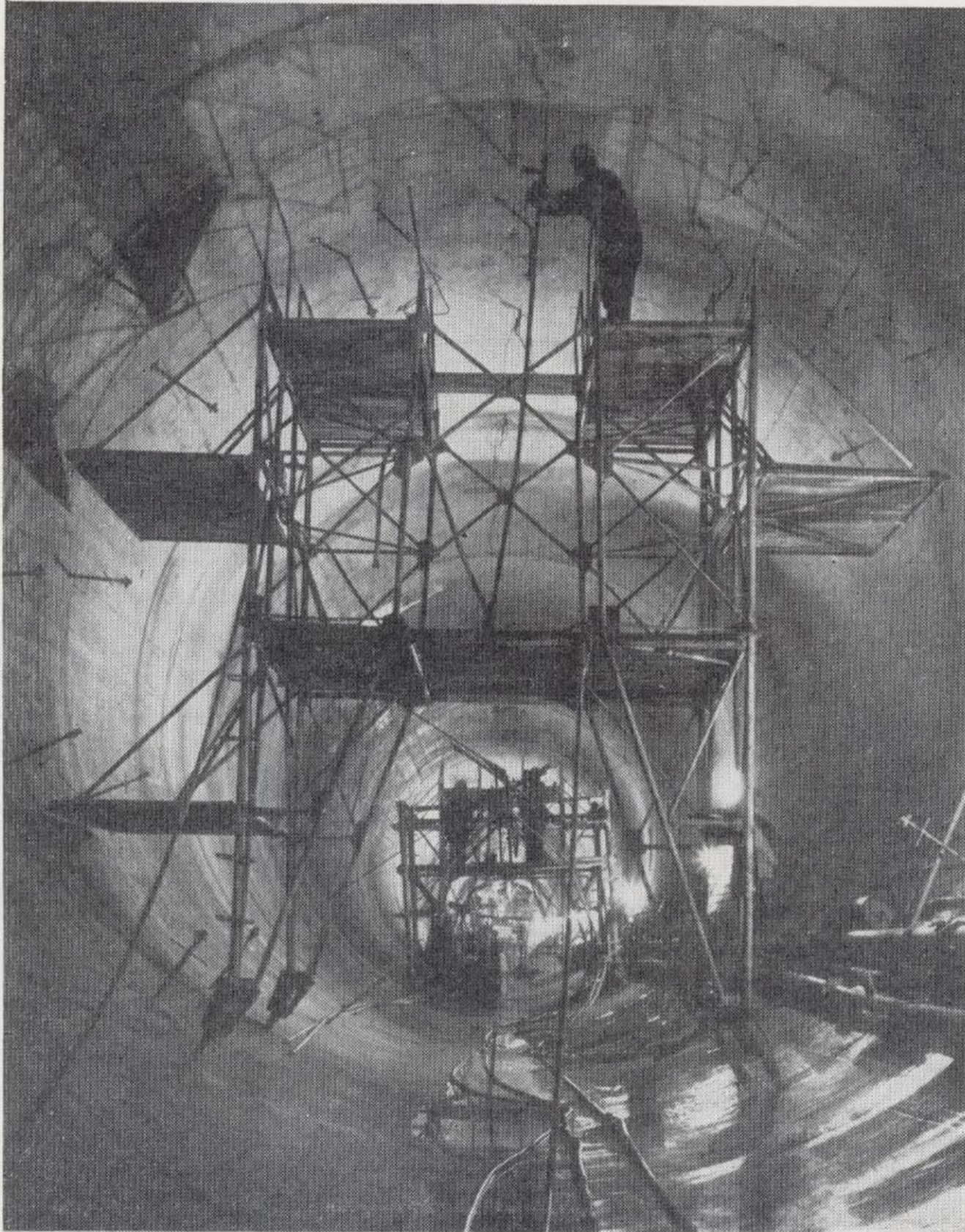
Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK, UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO, O PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE

M C I

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

nosotros
trabajamos
a
"fondo"

AGUJA



Vegarada
perforaciones

porque... si el agua es nuestra finalidad, llegar a ella es nuestra técnica.

Más de 300 mil metros perforados, personal especializado, perfección en los sondeos y rentabilidad, garantizan un nombre... "VEGARADA".

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

Tomo LXXXIII

Fascículo II

Marzo-Abril 1972

1 Geológico y Minero

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

SUMARIO

	PÁGINAS
Geología	
F. GÓMEZ-PALLETE RIVAS: Investigación experimental sobre la influencia de la viscosidad del medio en la longitud de onda de los pliegues generados en una capa elástica sometida a cizallamiento puro en un medio viscoso	1
J. RAMÍREZ DEL POZO: Algunas precisiones sobre la bioestratigrafía, paleogeografía y micropaleontología del cretácico asturiano (Zona de Oviedo-Infiesto-Villaviciosa-Gijón)	10
W. R. DICKINSON: Tectónica global	55
Minería	
V. CRESPO LARA: La reserva del Valle de Alcudia y su contexto geológico minero en Sierra Morena central	62
Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica	
F. CAÑADA GUERRERO: Yacimientos de mineral de hierro de sierra Menera, edad de su formación y experiencias de laboratorio que reproducen su génesis	69
Estudio de minerales y rocas	
P. ARÉVALO: Estudio de la haüyna presente en las rocas volcánicas de Arucas (Gran Canaria) (Óptica, quimismo, constantes reticulares y naturaleza de la roca encajante)	75
Información	
Premio de Periodismo «Santa Bárbara» 1971. Personal.—Noticias.—Estadística y Economía. Información legislativa.—Notas bibliográficas	82

DIRECCION Y REDACCION
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid - 3
Teléfono 234 13 28

SP

ADMINISTRACION
Claudio Coello, n.º 44 - Madrid - 2

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

Haiüyna idiomorfa de Arucas (Gran Canaria) N. II Aumentos x 150

Foto P. Arévalo

Depósito Legal M. 3.279.-1958

Investigación experimental sobre la influencia de la viscosidad del medio en la longitud de onda de los pliegues generados en una capa elástica sometida a cizallamiento puro en un medio viscoso

por F. GOMEZ-PALLETE RIVAS (*)

RESUMEN

Mediante la utilización de modelos analógicos, y de forma empírica, se comprueba la influencia de la viscosidad del medio en la longitud de onda inicial de los pliegues generados en capas elásticas. Se amplían los ensayos para comprobar en qué medida influye la viscosidad en las deformaciones finitas.

ABSTRACT

The relationship between the viscosity of the medium and the initial wavelength of the folds generated in a single, elastic layer is studied by means of scale models. In the same way, the influence of the viscosity on the actual wavelength developed after a finite deformation is analysed.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la evolución que la filosofía de la Geología experimenta con el transcurso de los años, se puede observar un cambio de mentalidad y enfoque por parte de los investigadores que se dedican al estudio de la génesis de pliegues en la corteza terrestre.

Así, las clásicas teorías predominantemente descriptivas e intuitivas están siendo completadas por otras más científicas y rigurosas tanto en lo referente a su propia filosofía (explicación de causas, y no descripción de consecuencias) como en lo que concierne a los métodos utilizados (estudio matemático de los procesos físicos, y no ejercicio exclusivo de la imaginación).

En esta nueva línea investigadora, desarrollada en los últimos diez o quince años, destaca el genio creador de John G. Ramsay y las importantes aportaciones científicas de Maurice Biot y Hans Ramberg.

(*) Dr. Ing. Minas. M. Sc., D. I. C. Empresa Nacional «Adaro», de Investigaciones Mineras, S. A.

Los trabajos de estos últimos se han centrado, en parte, en la elaboración de teorías que explican la génesis de una longitud de onda inicial de los pliegues formados en capas de determinadas propiedades reológicas. Todas estas teorías tienen un basamento matemático que limitan su aplicabilidad al estudio del fenómeno en el momento inicial de su formación. Expresado en otros términos, estas teorías tratan de la deformación infinitesimal en el momento inicial. Hoy por hoy, estas teorías no pueden ser ampliadas al campo de las deformaciones finitas que tienen lugar en la Naturaleza por la complejidad inherente a las mismas. La Ciencia se ve obligada, mientras tanto, a utilizar otras líneas de investigación. En este sentido está suponiendo una gran ayuda el empleo de los modelos analógicos.

La presente publicación trata sobre una serie de experimentos llevados a cabo con capas de naturaleza elástica, emplazadas en medios viscosos. La finalidad con que se realizaron estos experimentos fue doble. Por una parte, se intentó aportar nuevos datos empíricos en favor de la sospecha que el Profesor Ramsay (Ramsay, 1967, pá-

gina 374) manifestó en relación con la conclusión a que Biot (Biot et al., 1961) llegó respecto a la no influencia de la viscosidad del medio en el valor de la longitud de onda inicial de los pliegues. Y por otra parte, se quiso comprobar experimentalmente hasta qué punto, y de qué forma influye la viscosidad del medio en el valor de la longitud de onda, cuando se lleva a cabo una deformación finita de una capa elástica.

2. MEDIOS Y MÉTODO

2.1. Materiales experimentales

2.1.1. Soluciones viscosas

Se utilizaron soluciones de etil celulosa en benzyl alcohol como medio viscoso.

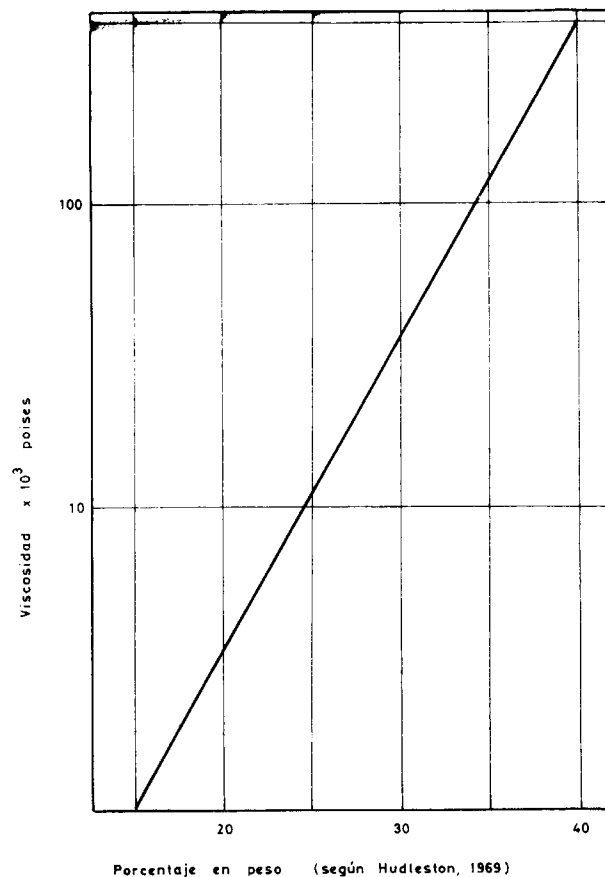


Fig. 1

La viscosidad de la solución es función de varios factores. Es decir:

$$\mu = (t, c, G, T)$$

en donde μ es el coeficiente de viscosidad; t , el tiempo transcurrido desde que la solución queda preparada; c , la concentración de la solución; G , el grado del etil celulosa empleado y T es la temperatura de la solución. La viscosidad aumenta exponencialmente con la concentración, y así, para valores constantes de t , G y T , tenemos el gráfico que se muestra en la figura 1 (Osokina et al., 1960; Gay, 1966; Hudleston, 1969).

La densidad de la solución permanece constante para todas las viscosidades (Gay, 1966).

La curva deformación-tiempo de comportamiento de esta solución está publicada por Bell and Currie, (Belland Currie, 1964, pág. 49, fig. 4b).

La preparación de estas soluciones se encuentra descrita ampliamente en G.-Pallette, 1971. Se incluye aquí la tabla resumen (tabla I), en donde se recogen todos los datos necesarios.

TABLA I

% en peso (x)	Coef. de viscosidad ($\cdot 10^3$ poises)	Vol. de B. Alcohol Vs. Ds (100-x/100) Db (en cc)	Peso de E. Celul. W=Vs. Ds (x/100) (en gramos)	Tiempo de calentamiento
15	1.0	2675.80	479.40	5h. 30m.
20	3.3	2518.40	639.20	7h. 30m.
25	11.0	2361.00	799.00	8h. 30m.
30	36.5	2203.60	958.80	10h. 00m.
35	120.0	2046.20	1118.60	12h. 00m.
40	4 000	1888.80	1278.40	14h. 00m.

Vs es el volumen de la solución requerido (3.100 c. c.), establecido de acuerdo con las dimensiones de la caja y con el programa de trabajo. Ds es la densidad de la solución = 1,031 gr/c. c. Db es la densidad del benzyl alcohol grado B. P.) = 1.015 gr/c. c. x es el porcentaje, en peso, de etil celulosa (columna de la izquierda).

2.1.2. Goma elástica

Se utilizaron dos clases diferentes de goma elástica como material para simular las capas.

Con el fin de calcular los módulos elásticos: E (módulo de Young) y ν (cociente de Poisson), se marcaron en sendas bandas de goma dos líneas paralelas separadas una de otra 1 cm. (figura 2). Se midieron la anchura de las bandas y su espesor. Fijando un extremo de la banda, se aplicó al otro una fuerza F, medible mediante una balanza de bolsillo. Los valores obtenidos se muestran en la tabla II.

2.2. Caja de deformación (fig. 3)

2.2.1. Geometría de la caja

Es de forma paralelepédica. Carece de tapa y de fondo, y tiene ángulo dihédrico variable.

Fue construida por Gay (Gay, 1966) basándose en un diseño del Profesor Ramsay. Gay (Gay, 1966) hace una detallada descripción de este sencillo aparato.

2.2.2. Características principales de la deformación conseguida en el material deformado en el interior de la caja.

La condición de deformación plana (volumen constante a lo largo de la deformación) no se consigue en el interior de esta caja, puesto que su volumen varía de acuerdo con el ángulo de caja de la siguiente forma:

$$\text{Volumen} = h \cdot d^2 \cdot \text{sen. } a$$

donde d es la longitud de un lado de la caja, y h es la altura. Sólo si se efectúa un experimento entre valores suplementarios de a (ver apartado 2.4) se consigue que la deformación sea plana si se consideran únicamente el estado inicial (deformación nula) y el estado final (deformación máxima) pero no los estados intermedios. Para los propósitos experimentales que nos ocupan, este tipo de deformación plana «sensu lato» es suficiente.

Por otra parte, la deformación conseguida en el interior de la caja es satisfactoriamente irrotacional y homogénea en todos los estados intermedios (G.-Pallette, 1970, pág. 18, foto 6).

2.3. Puesta a punto de aparatos y materiales experimentales

2.3.1. Disposición de la caja

Esta se coloca sobre una base lisa —una placa de cristal, por ejemplo— previamente lubricada con vaselina.

2.3.2. Puesta en posición del medio viscoso

En primer lugar se rellena la caja hasta una altura de 3.5 cm., con masilla comercial, con el fin de evitar escapes de la solución viscosa por

TABLA II

Capa	t_0 (cm)	t_1 (cm)	d_0 (cm)	d_1 (cm)	l_0 (cm)	l_1 (cm)	F (Kg)	E (Kg cm)	ν
E1	0.16	0.12	2.00	1.75	1.00	1.30	2.00	3.17	0.63
E2	0.32	0.25	2.00	1.60	1.00	1.50	4.00	2.00	0.42

Siendo t_0 , d_0 y l_0 las medidas de las dimensiones respectivas, antes de aplicar la fuerza F, y t_1 , d_1 y l_1 , los valores bajo la acción de F. E1 y E2 es la denominación otorgada a las dos clases de goma utilizadas.

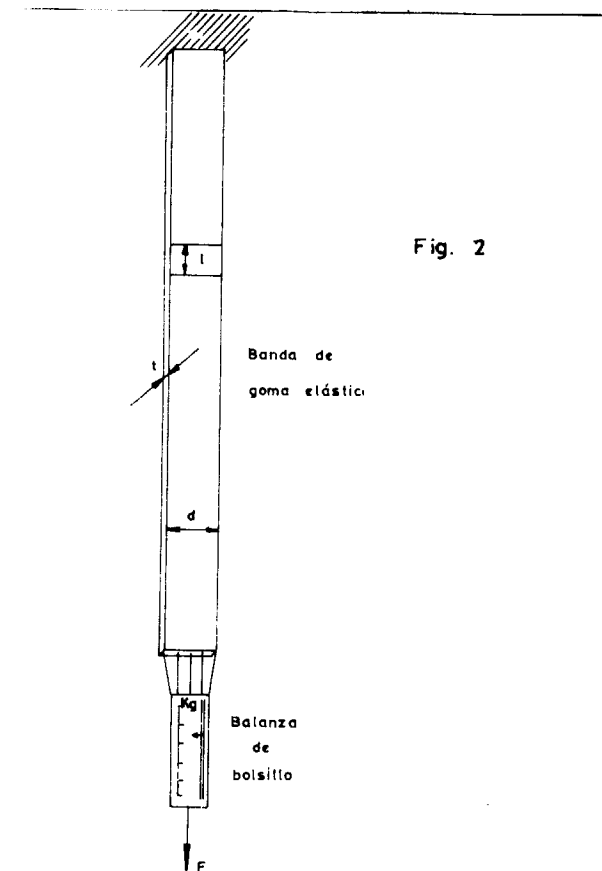


Fig. 2

$$E = \left[\frac{F}{d_1 \cdot t_1} \right] / \left(\frac{l_1 - l_0}{l_0} \right) / l_0 \quad \text{kg. cm}^{-2}$$

$$\nu = 0.5 - \frac{(t_1 - t_0)/t_0 + (l_1 - l_0)/l_0 + (d_1 - d_0)/d_0}{2(l_1 - l_0)/l_0}$$

Fig. 2

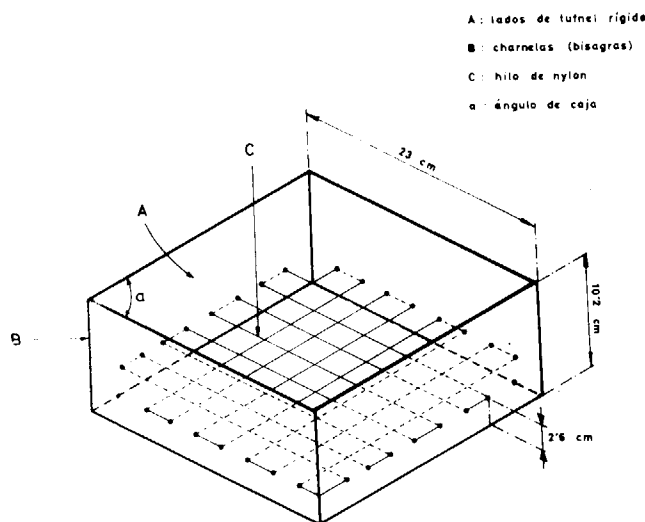


Fig. 3

el fondo. A continuación, y una vez hecha lisa y horizontal la superficie superior de la masilla introducida, se vierte sobre ella la solución viscosa hasta una altura total de 6,5 cm., medidos a partir de la base de cristal. Una vez depositada de esta forma la solución viscosa se dejan pasar varias horas antes de proseguir el experimento, con el fin de dejar escapar las burbujas de aire que hayan podido quedar atrapadas al verter la solución y poder así conseguir un medio sin discontinuidades. Otra precaución a tomar es la de sellar con masilla las bisagras de las cuatro esquinas para evitar toda posible fuga de solución.

2.3.3. Preparación de las capas

Con unas tijeras de prensa se cortan las láminas de goma para obtener las bandas de dimensiones requeridas, que servirán para simular las capas elásticas. Una vez cortadas las bandas se deben mantener todas estiradas bajo igual fuerza y durante idéntico espacio de tiempo, con el fin de hacer desaparecer, de una forma homogeneizada, cualquier pequeña irreversibilidad en su elasticidad, es decir, cualquier efecto de histéresis elástica.

2.3.4. Emplazamiento de las capas en los medios viscosos.

La capa se coloca en el medio viscoso estando la caja con un ángulo de 65 grados, y a lo largo de la diagonal mayor (foto 1).

Puesto que la densidad del material elástico empleado es superior a la de la solución viscosa, una vez colocada una capa, ésta tiende a hundirse. Pero usando soluciones de viscosidad razonablemente alta, el tiempo que la capa necesita para hundirse es lo suficientemente prolongado (de media hora a dos horas) como para poder realizar el experimento sin complicaciones.

2.4. Procedimiento experimental y registro fotográfico

Una vez colocada la capa en el medio viscoso, se aplicó una fuerza (la misma para todos los experimentos) en la dirección de la capa y aplicada en las dos bisagras extremas. Todos los experimentos se realizaron entre $a = 65$ grados y $a = 115$ grados. Los estados intermedios estudiados fueron para los siguientes valores de a :



Foto 1

70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110 y 115 grados, medidos con la ayuda de un transportador convenientemente colocado.

En estos estados intermedios se detenía el proceso de deformación, siendo la fuerza aplicada en ese momento, justo la necesaria para conservar la geometría de la caja.

El valor de la fuerza no fue controlado, si bien, dentro de límites aceptables, éste fue constante.

La velocidad de deformación tampoco fue controlada, admitiendo en este punto la conclusión de Biot (Biot, 1961) sobre la no influencia de este parámetro en la longitud de onda.

Para fotografiar la historia de cada experimento se dispuso de una cámara fotográfica reflex

(visión a través del objetivo para facilitar el encuadre) provista de un juego de lentes de aproximación, y montada sobre un trípode de altura constante. Se utilizó película de sensibilidad y tamaño de grano especiales para fines científicos. (Más detalles: Gay, 1966; G.-Palette, 1970).

2.5. Deformación infinitesimal y deformación finita

Se considera deformación infinitesimal inicial a la que tiene lugar hasta que los pliegues generados alcanzan un buzamiento en sus flancos de 15 grados como máximo, valor a partir del cual los postulados matemáticos sobre los que se basa la teoría de Biot, se consideran no válidos. La longitud de onda generada hasta este estado de deformación se denomina longitud de onda inicial o dominante.

Se denomina deformación finita la alcanzada al final de cada experimento. Para tener una idea del grado de deformación conseguido se recurrió al siguiente artificio: Una vez colocada la solución viscosa en la caja (posición $a = 65$ grados) se dibujó sobre su superficie (mediante contacto del borde de un tubo de ensayo previamente impregnado en polvo de grafito) una serie de circunferencias. Se deformó la caja hasta $a = 115$ grados. En esta posición, los primitivos círculos dieron origen a respectivas elipses. Se midieron los semiejes mayores y menores de las mismas. Tomando como unidad el radio de las circunferencias primitivas, y siendo e_1 y e_2 la deformación lineal unitaria en la dirección de los semiejes de las elipses resultantes, se tomó como índice de deformación el siguiente.

$$\text{Índice de deformación masiva } S = (1 + e_1) / (1 + e_2)$$

Se promediaron todos los valores de las diferentes elipses resultantes para obtener un sólo valor de S característico de la deformación sufrida por la masa viscosa. Así, se calculó que para $a = 115$ grados (estado de máxima deformación) S alcanzaba un valor de 2,84.

2.6. Programa experimental

En la tabla III se recogen los diferentes experimentos realizados, detallándose las características de los materiales empleados. De cada tipo de experimento se hicieron varios ensayos con el fin de poder realizar un estudio estadístico en base a una población de datos suficientemente amplia.

TABLA III

		MEDIOS VISCOSOS			
		SOLUCION DE ETHYL CELULOSA EN BENZYL ALCOHOL			
		$\mu_1 = 36'5 \cdot 10^3$ poises	$\mu_2 = 120 \cdot 10^3$ poises	$\mu_3 = 400 \cdot 10^3$ poises	
CAPAS ELASTICAS	BANDAS DE GOMA	$E_1 = 20 \text{ kg/cm}^2$	E1, V1	E1, V2	E1, V3
		$E_2 = 10 \text{ kg/cm}^2$	E2, V1	E2, V2	E2, V3
		$\nu = 0.33$			
		$\nu = 0.33$			

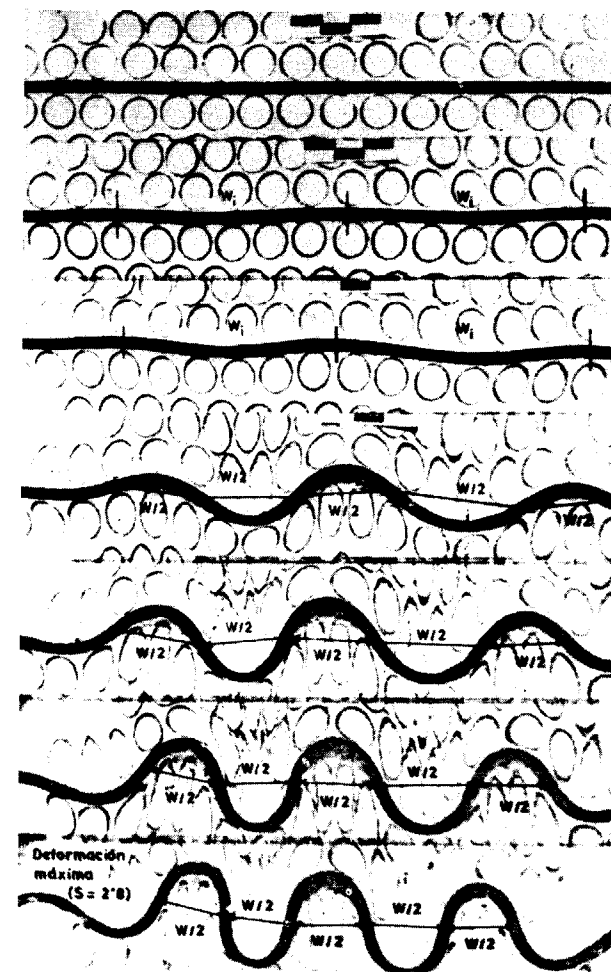


Foto 2

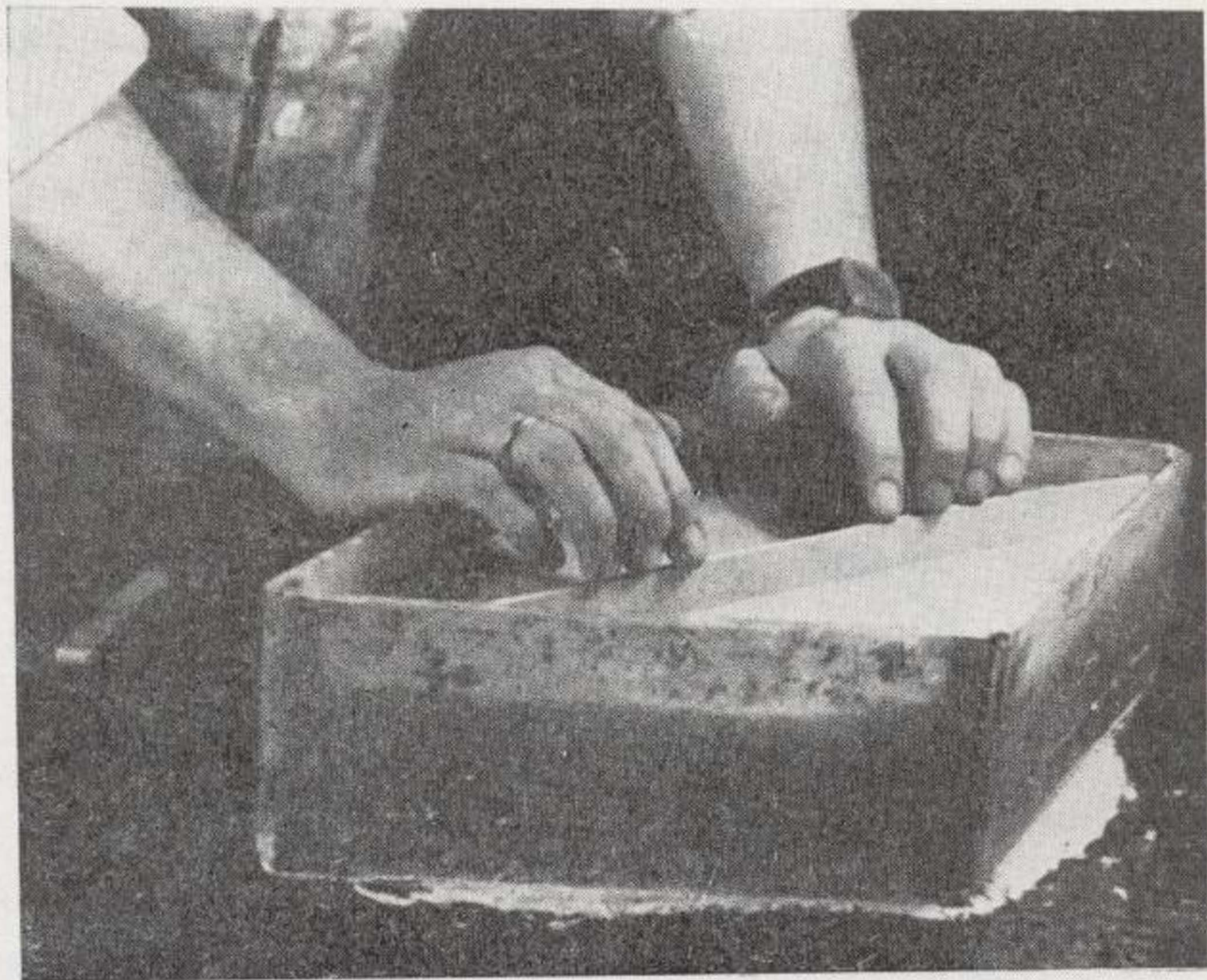


Foto 1

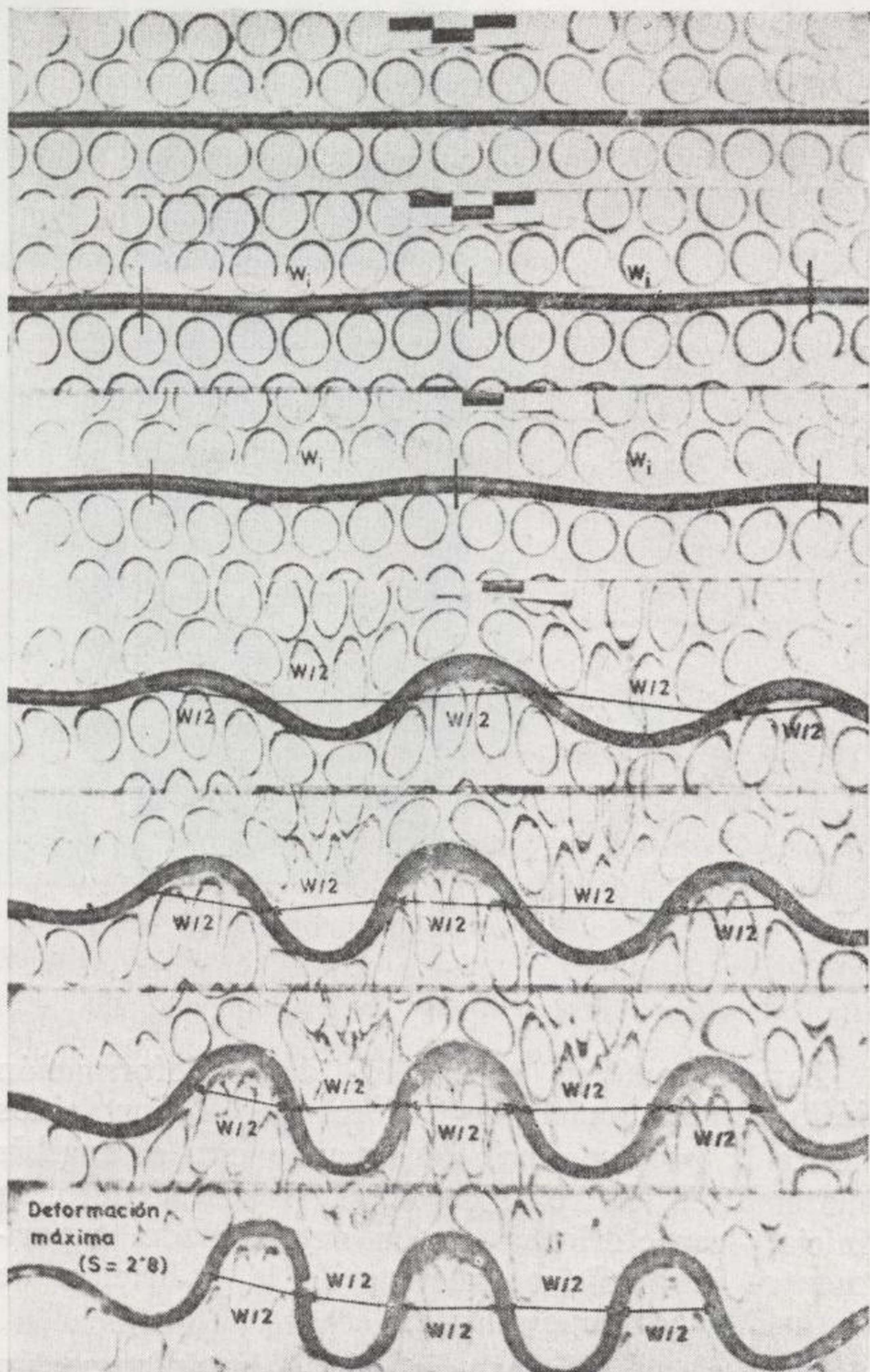


Foto 2

2.7. Análisis experimental

2.7.1. Toma de datos

En la foto 2 se reproduce un experimento y se indican los datos recogidos.

foto 2, más los respectivos valores de los estados iniciales de deformación que no han sido señalados gráficamente para no empeorar la reproducción.

Para cada experimento se construyó un diagrama de frecuencias relativas de la correspondiente población de valores W/t . La representación de

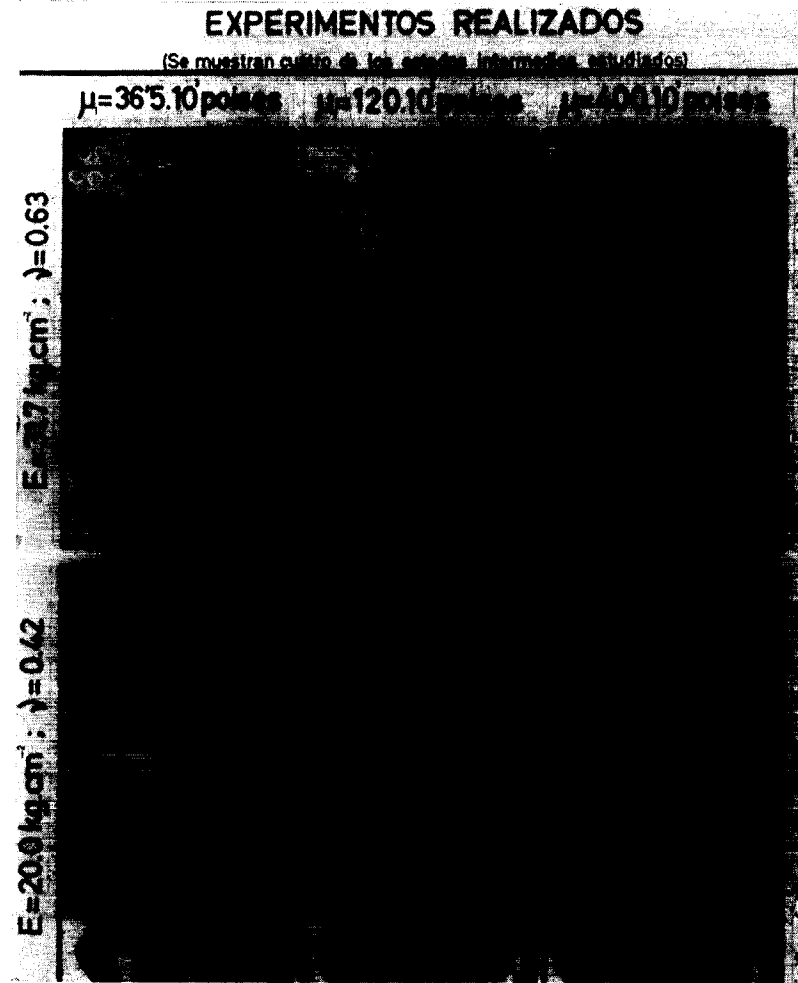


Foto 3

Para el análisis estadístico de la deformación infinitesimal inicial, los valores de W_i son leídos sobre la propia capa, de acuerdo con el análisis matemático. Se toma como W_i (longitud de onda inicial) característica de un determinado experimento, la media aritmética de la población de datos W_i correspondiente.

Para el análisis estadístico de la deformación finita (hasta un valor de $S = 2,84$), la población de datos considerada es la que se indica en la

datos por este procedimiento ha resultado ser muy sensible a la influencia de la viscosidad del medio sobre la historia de la deformación finita, y por ello, constituye una imagen estadística muy expresiva, como se puede observar en las figuras correspondientes.

Los valores modales respectivos no tienen más significado que el que les confiere su definición estadística, y no son imagen de ningún fenómeno físico concreto.

2.7.2. Limitaciones de este análisis

La consistencia de los resultados obtenidos indica, en principio, que el análisis estadístico ha sido satisfactoriamente establecido y realizado. No obstante, las posibles fuentes de error que a continuación se enumeran, nos obligan a considerar este estudio como cualitativo, y no como cuantitativo. Se detallan las precauciones tomadas para paliar en lo posible los errores que se hayan podido introducir en los siguientes puntos:

En la fabricación de las soluciones viscosas. Se utilizaron probetas graduadas y balanzas de precisión.

En el cálculo de E y ν de las capas elásticas. Se emplearon una sencilla balanza de bolsillo y una regla milimetrada.

En el sistema de aplicación de la fuerza F a la caja de deformación para realizar los experimentos. El mecanismo fue manual y sería de desear para futuras investigaciones la aplicación de algún sistema mecánico.

En la toma de fotografías. La perpendicularidad entre el eje óptico de la cámara y la superficie a fotografiar se aseguró, en lo posible, con un trípode.

En la homogeneización de las escalas de las distintas fotografías. Punto importante éste, por lo que además de conservar constante tanto la altura de la cámara sobre la caja, como la posición de la ampliadora fotográfica, se midió la escala de las fotografías con ayuda de una lupa binocular.

En la lectura de datos. Se utilizó papel milimetrado.

3. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

3.1. Longitud de onda inicial

Según Biot (Biot, 1961), la longitud de onda inicial o dominante de los pliegues que se generan en una capa elástica emplazada en un medio viscoso, mediante la aplicación de una fuerza longitudinal, viene dada por la expresión

$$w_i = \pi t \sqrt{\frac{E}{(1 - \nu^2) F}}$$

en donde t es el espesor de la capa, E y ν sus constantes elásticas y F la fuerza aplicada. Así, pues, según el citado investigador, la longitud de onda inicial es independiente de la viscosidad del medio.

Puesto que el espesor de la capa permanece constante en los estados iniciales del proceso de deformación, el cociente

$$\frac{(w_i/t)_{E_1}}{(w_i/t)_{E_2}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{F}{(1 - \nu^2) F}}\right)_{E_1}}{\left(\sqrt{\frac{E}{(1 - \nu^2) F}}\right)_{E_2}} = \frac{\left(\sqrt{\frac{E}{1 - \nu^2}}\right)_{E_1}}{\left(\sqrt{\frac{E}{1 - \nu^2}}\right)_{E_2}}$$

debiera ser el mismo con independencia de la viscosidad del medio en el que se deformaran dos capas elásticas (E_1 y E_2) sometidas a idéntica fuerza F .

Según los datos de la tabla II, tenemos que

$$\frac{\left(\sqrt{\frac{E}{1 - \nu^2}}\right)_{E_1}}{\left(\sqrt{\frac{E}{1 - \nu^2}}\right)_{E_2}} = \frac{7.26}{4.92} = 1.47$$

Por otra parte, en la tabla IV se recogen los siguientes datos experimentales

TABLA IV

Viscosidad del medio	$(w_i/t)_{E_1} / (w_i/t)_{E_2}$
$\mu_1 = 36,5 \cdot 10^3 \text{ poises}$	2.69
$\mu_2 = 120 \cdot 10^3 \text{ poises}$	1.54
$\mu_3 = 400 \cdot 10^3 \text{ poises}$	1.28

Con estos mismos datos, se han trazado las curvas de la figura 4, para las capas E_1 y E_2 , por separado.

De los resultados empíricos así obtenidos se deduce que la viscosidad del medio influye en el valor de la longitud de onda inicial. Estos resultados parecen indicar que la fórmula de Biot puede ser, en principio, modificada empíricamente de la siguiente forma:

$$w_i/t = \pi \left(\frac{E}{(1 - \nu^2) F} \right)^{\frac{1}{2 \cdot f(\mu)}}$$

en donde $f(\mu)$ es una función de la viscosidad que aumenta con la misma. Se precisarían muchas más medidas para descubrir de una forma empírica la naturaleza de dicha función.

EXPERIMENTOS REALIZADOS

(Se muestran cuatro de los estados intermedios estudiados)

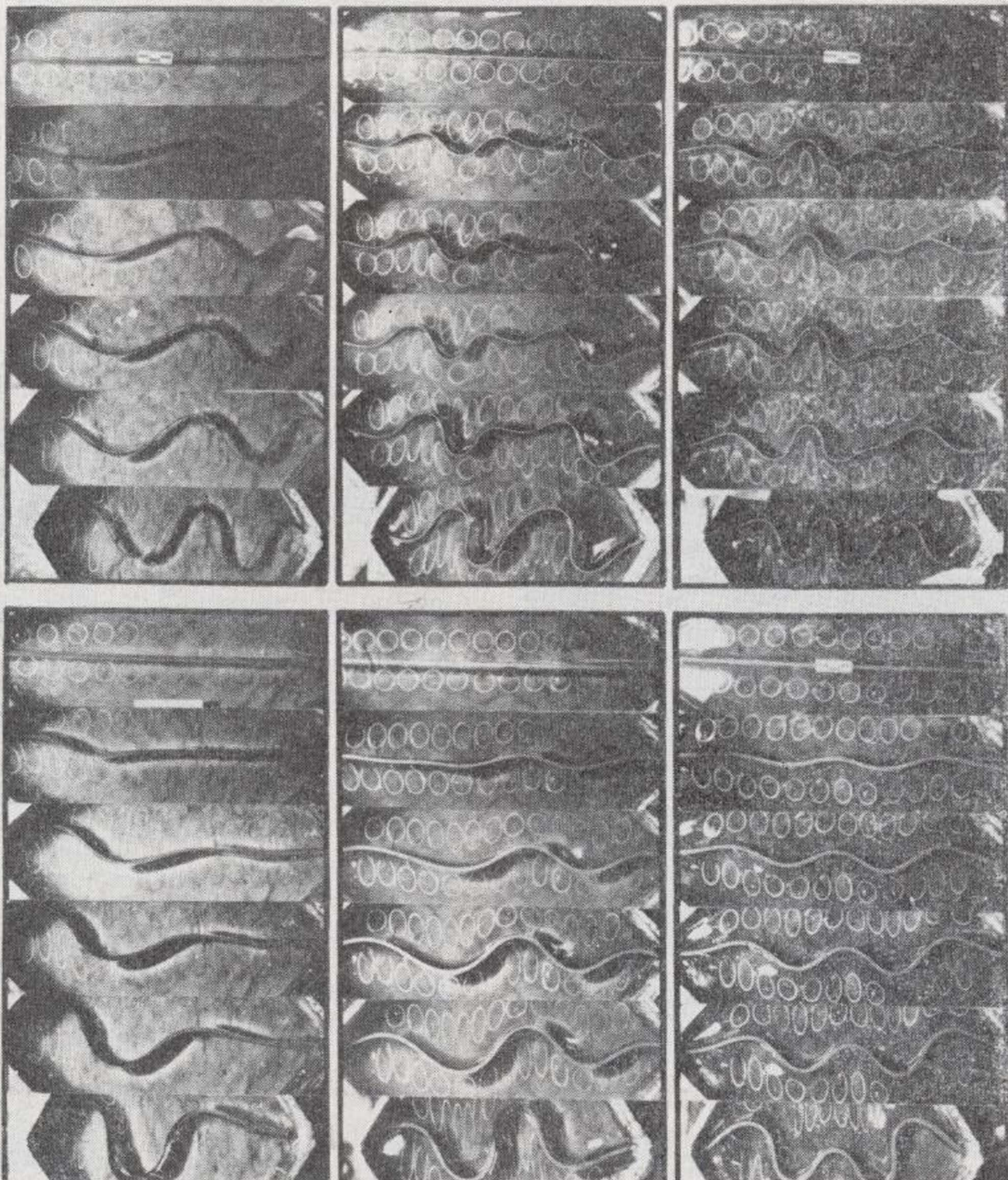
$\mu_1 = 36.5 \cdot 10^3$ poises

$\mu_2 = 120 \cdot 10^3$ poises

$\mu_3 = 400 \cdot 10^3$ poises

$E = 31.7 \text{ kg.cm}^2$; $\nu = 0.63$

$E = 20.0 \text{ kg.cm}^2$; $\nu = 0.42$



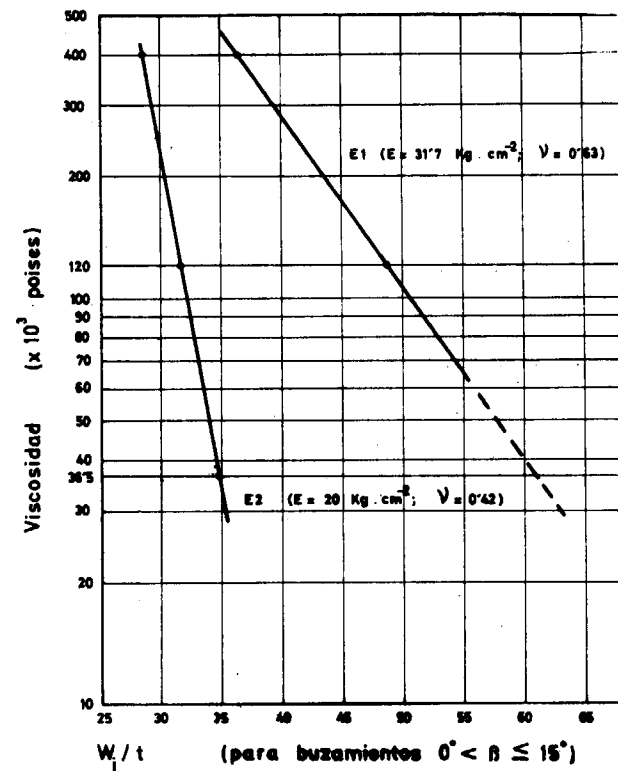


Fig. 4

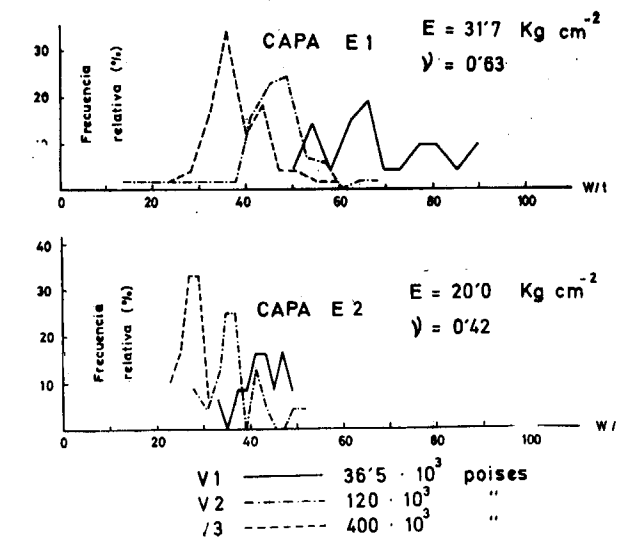


Fig. 6

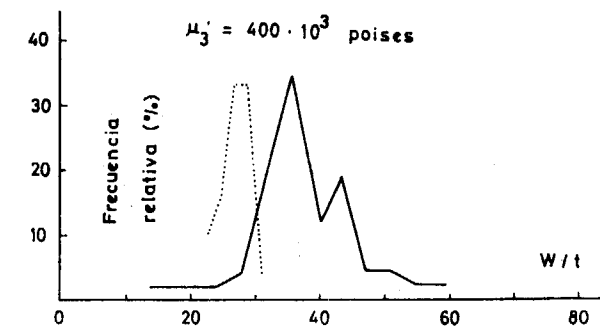
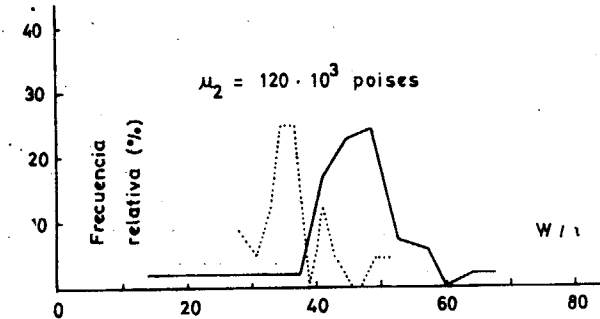
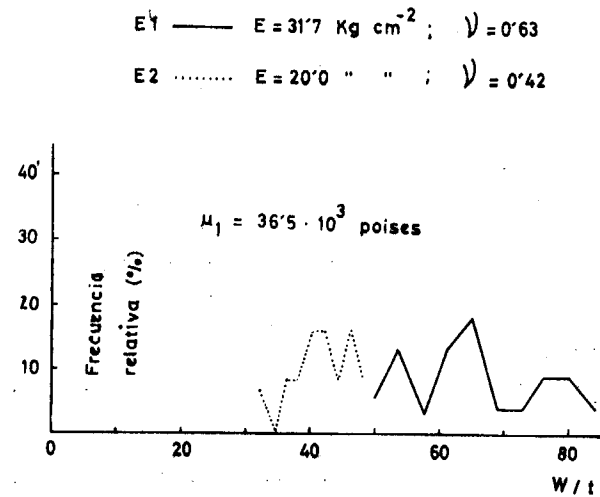


Fig. 5

3.2. Deformación finita

El aumento de la frecuencia relativa de los valores modales con la viscosidad, está relacionado con ésta y no con las características elásticas de las capas (figura 5).

Para un mismo intervalo de viscosidades, la gama de valores W/t tiene una amplitud que está gobernada por las características elásticas de las capas (figura 6).

Para una capa determinada, la longitud de onda más frecuente generada es tanto menor cuanto mayor es la viscosidad del medio, según la ley empírica que se representa en la figura 7.

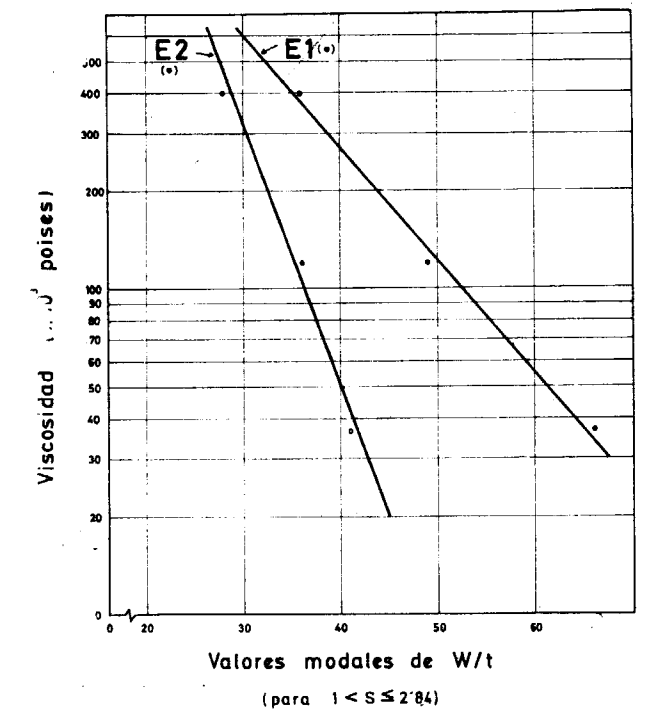


Fig. 7

Estas conclusiones, de naturaleza empírica, pueden ser sumariadas de la siguiente forma, para separar claramente el papel de los distintos factores que controlan el plegamiento de capas elásticas en medios viscosos, debido a un proceso de deformación finita (para F = constante):

Frecuencia relativa de los valores modales de W/t	Gobernado por		Fig.
	μ	E, ν	
Amplitud de la gama de W/t, para un intervalo fijo de μ	x		5
Valor de W/t más frecuente	x	x	7

AGRADECIMIENTOS

El trabajo original fue realizado en el Departamento de Geología de la Royal School of Mines del Imperial College of Science and Technology de Londres. Esta publicación está dedicada al Profesor de Geología Estructural J. G. Ramsay, de dicho centro, en prueba del mayor agradecimiento y la más honda admiración.

La Beca de que se dispuso para la realización de aquél trabajo original, fue del Ministerio de Educación y Ciencia español. El autor desea expresar aquí su agradecimiento a este organismo.

BIBLIOGRAFÍA

BELL, R. T., and CURRIE, J. B. (1964). *Photoelastic experiments related to Structural Geology*. «Proc. Geol. Ass. Canada», vol. 15, págs. 33-51.

BIOT, M. A. (1961). *Theory of folding of stratified viscoelastic media and its application in Tectonics and Orogenesis*. «Geol. Soc. Am. Bull.», vol. 72, págs. 1595-1620.

BIOT, M. A. et al. (1961). *Experimental verification of the folding of stratified viscoelastic media*. «Geol. Soc. Am. Bull.», vol. 72, págs. 1621-1630.

GAY, N. C. (1966). *The deformation of inhomogenous materials and consequent geological implications*. Ph. D. Thesis. Imperial College of London (unpublished), 207 págs.

GÓMEZ-PALLETE, F. (1970). *An experimental study of the deformation of elastic, plastic and viscous single layers imbedded in plastic and viscous media*. M. Sc. Thesis. Imperial College of Science and Technology of London (unpublished), 129 págs.

— (1971). *Estudio experimental de la deformación de capas elásticas, plásticas y viscosas emplacedas en medios plásticos y viscosos*. Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Madrid (sin publicar), 176 páginas.

HUDLESTON, P. J. (1969). *The morphology and development of folds*. Ph. D. Thesis. Imperial College of London (unpublished), 356 págs.

OSOKINA, D. N., et al. (1960). *Optical polarization study of plastic deformation processes with the aid of ethyl cellulose solutions and gels*. «Kolloidnyi Zh.», vol. 22, núm. 4, páginas 434-441. English translation: Colloid J., vol. 22, páginas 439-445.

RAMSAY, J. G. (1967). *Folding and fracturing of rocks*. «McGraw Hill Inc.», 568 págs.

Recibido: 21-IX-1971.

Algunas precisiones sobre la bioestratigrafía, paleogeografía y micropaleontología del cretácico asturiano

(Zona de Oviedo-Infiesto-Villaviciosa-Gijón)

por J. RAMIREZ DEL POZO (*)

RESUMEN

En este trabajo se dan algunas indicaciones sobre la bioestratigrafía, así como los principales rasgos paleogeográficos de los sedimentos Cretácicos de la zona costera asturiana. Dichas indicaciones están fundamentadas en el estudio micropaleontológico de un gran número de muestras (más de 300) bien por levigación (Foraminíferos y Ostrácodos) o bien en lámina delgada (microfacies). Estas muestras han sido tomadas sobre series estratigráficas detalladas y sobre cortes esquemáticos.

A partir de estos datos micropaleontológicos se precisa la edad de cada una de las diferentes unidades litológicas que integran el Cretácico asturiano, caracterizándose de este modo sus principales cambios laterales de facies. Como consecuencia de este estudio se han fijado dos hiatos o lagunas estratigráficas principales: una que afecta al techo del Cenomanense y otra que se sitúa entre el Turonense y Coniacense y que afecta a la parte superior del primero e inferior del segundo.

En el capítulo de Paleontología se describen brevemente las principales especies de microfósiles que hemos determinado.

El trabajo se ilustra con los principales microfósiles y microfacies, que se reproducen fotográficamente.

RÉSUMÉ

Dans ce travail on donne quelques indications sur la biostratigraphie, ainsi que les principaux traits paléogéographiques des sédiments Crétacés de la zone côtière des Asturies. Ces indications s'appuient sur l'étude micropaleontologique d'un grand nombre d'échantillons (plus de 300) soit par lévigation (Foraminifères et Ostracodes) ou en lame mince (microfaciès). Ces échantillons ont été pris sur des séries stratigraphiques détaillées et sur des coupes schématiques.

On détermine l'âge de chacune des différentes unités lithologiques, d'après ces données micropaleontologiques, qui constituent le Crétacé asturien, caractérisant de cette sorte ses principaux changements latéraux de faciès. Par suite de cette étude on a signalé deux hiatus ou lacunes stratigraphiques principales: l'une qui affecte au toit du Cénomaniens et l'autre qui est située entre le Turonien et Coniacien et affecte la partie supérieure du premier et l'inférieure du second.

Au chapitre de Paléontologie on décrit brièvement les espèces principales de microfossils que nous avons déterminés.

Le travail est illustré par les photographies des principaux microfossils et microfaciès.

SUMMARY

In this study are given some indications about biostratigraphy and also the main paleogeographic features of the Cretaceous sediments of the asturian coast zone. This indications are coming from the micropaleontological

(*) Doctor en Ciencias Geológicas. Jefe del Laboratorio de Estratigrafía de CIEPSA (Vitoria). El autor agradece a la dirección de la mencionada Compañía las facilidades dadas para la publicación de este trabajo.

study either by levigation (Foraminifera and Ostracodes) or by sections (microfacies) of a great number of samples (over 300). The samples were taken from detail stratigraphical series and from schematical sections.

From the micropaleontological data the age of each different litological units which form the asturian Cretaceous have been obtained, distinguishing, therefore, its main lateral changes of facies. As result of this study two main stratigraphical hiatus or diastems have been determined. One affects the Cenomanian top and the other it is place between the Turonian and the Coniacian affecting the first and the lower part of the second.

The main microfossils species that we have determined are briefly described on the chapter of Paleontology. To illustrate this work the main microfossils and microfacies have been photographically reproduced.

INTRODUCCIÓN

En otro trabajo nuestro anterior (*Biostratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa*

asturiana) recogíamos los resultados del estudio de este Período, bajo los aspectos indicados en el título. En el presente, y como continuación del anteriormente mencionado, nos ocupamos de

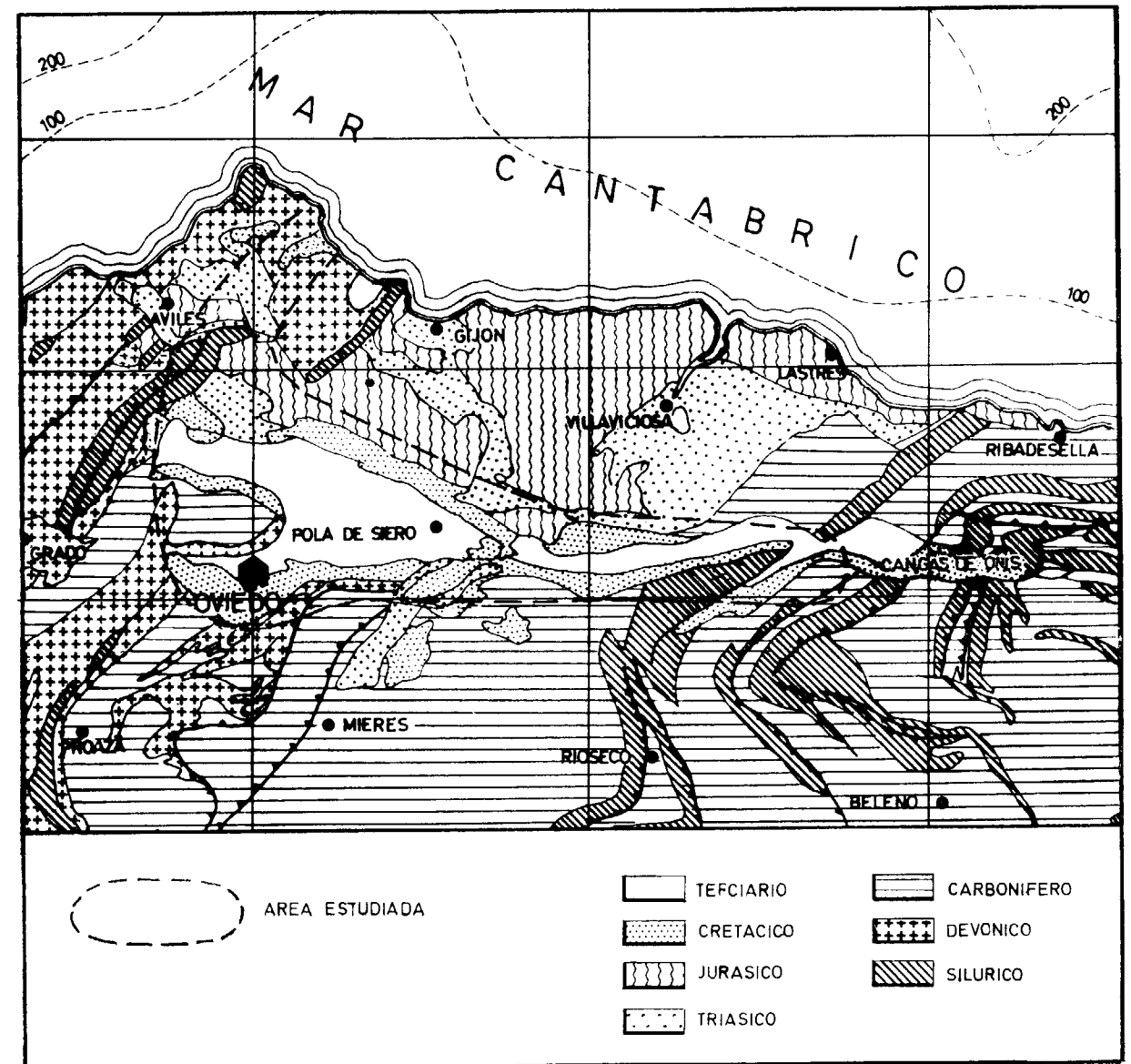


Fig. 1.—Esquema geológico.

los principales resultados a que hemos llegado desde los puntos de vista micropaleontológico, estratigráfico y paleogeográfico en el conjunto de sedimentos que componen el Cretácico de esta región. Ambos trabajos constituyen el resumen del estudio del recubrimiento Mesozoico de la costa asturiana, que durante los años 1967-68 ha sido llevado a cabo por CIEPSA.

estimados, que aparecen correlacionadas en la figura 3 y cortes esquemáticos, sin evaluación de potencias, que damos en el texto como cortes geológicos (figuras 4 a 7).

La mayor dificultad encontrada ha sido, precisamente, la falta de series estratigráficas completas, debido a que, como ya es conocido, la región se presenta muy cubierta por vegetación, lo que

ANTECEDENTES

Los antecedentes bibliográficos sobre el Cretácico asturiano son muy escasos. Como en el caso del Jurásico, la estratigrafía del Cretácico es muy poco conocida, presentando bastantes problemas, pues además la cronología dada por los diversos autores es, en la mayor parte de los casos, discrepante.

Las primeras investigaciones acerca de la estratigrafía del Cretácico fueron realizadas por Schulz (1858) y Verneuil y Archiac (1849), quienes citaron por primera vez algunos afloramientos del Cretácico inferior y superior. Barrois (1880) dio algunos datos más concretos sobre la constitución litológica y edad de estos afloramientos, datos que fueron más tarde adoptados por Mallada (1904) en su explicación del Mapa Geológico de España.

Gómez de Llerena (1927), Karrenberg (1934), Llopis Lladó (1956, 1957) tratan en sus trabajos de la estratigrafía del Cretácico asturiano, pudiendo considerarse como una contribución muy interesante al conocimiento de estos estratos. Almela y Ríos (1962) estudian varios cortes del

Cretácico y dan algunas indicaciones sobre la edad, basándose en los microfósiles que determinan. Resulta curioso que la mayor parte de los afloramientos que son considerados como del Cenomanense por estos autores, se asignan al Aptense en los trabajos de Llopis Lladó.

Para la estratigrafía y cronología del Cretácico inferior tiene gran interés la publicación de Schroeder y Wienands (1966), en la que se describen las series de Luanco (Cabo de Peñas), Cabo Prieto, Llanes y Río Cabra. Vargas (1968) se ocupa de la litoestratigrafía del Cretácico de Nava, y Gutiérrez Claverol (1968) estudia por métodos sedimentológicos y morfométricos el conglomerado cretácico asturiano.

Muy recientemente se ha publicado una serie de pequeños trabajos (Rincón, 1969 a y b; Julivert y Truyols, 1969; Gutiérrez Claverol y Vargas Alonso, 1969) en los que se describen algunas series del Cretácico de esta región, pero siempre bajo el punto de vista litoestratigráfico. En todos ellos no se hace ninguna datación de las series descritas.

En unas notas anteriores dimos a conocer la sucesión bioestratigráfica del Cretácico superior

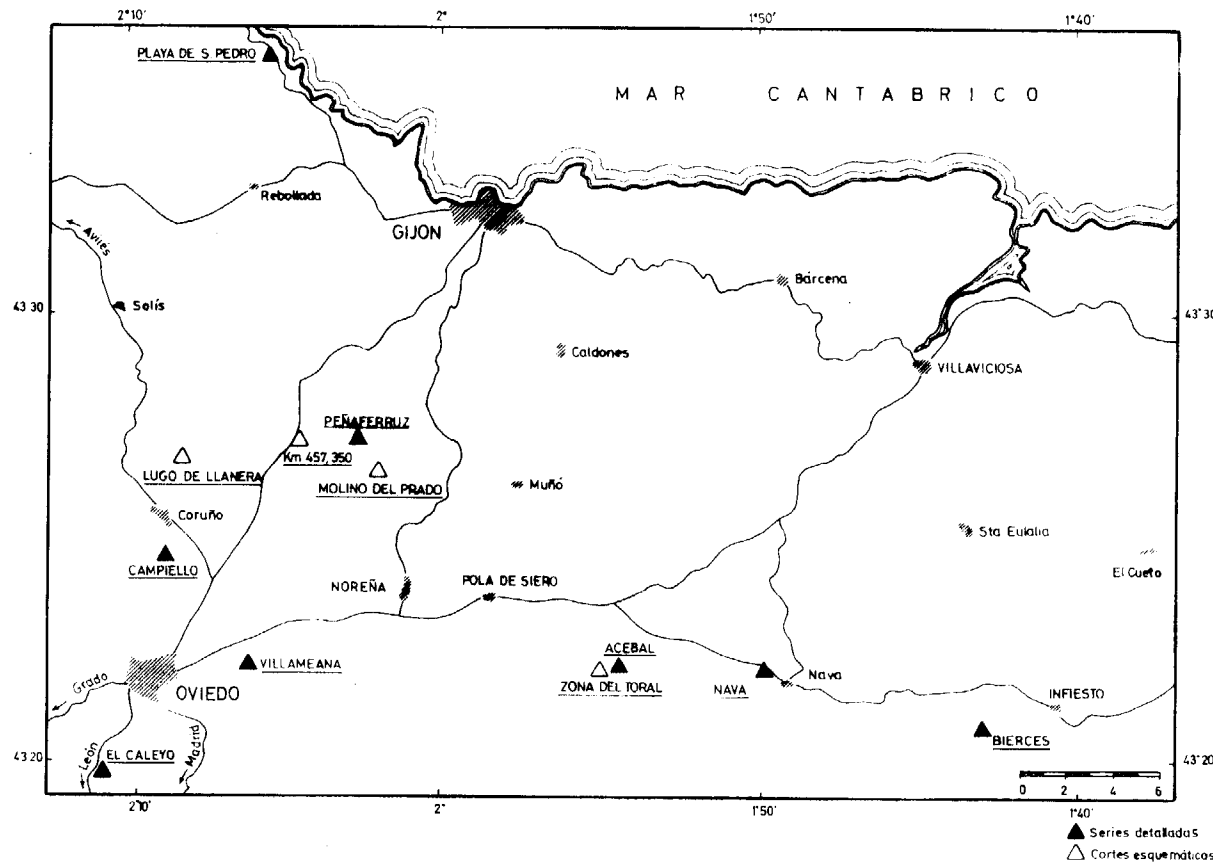


Fig. 2.—Localización de secciones estratigráficas.

El trabajo de campo necesario para haber llevado a cabo este estudio ha consistido principalmente en el levantamiento de series estratigráficas con la consiguiente recogida de muestras, que ha sido realizado por el autor con la colaboración de los geólogos, señores Coma, Felgueroso, Beroiz y Pignatelli, a los que les agradezco su estimada colaboración. Se incluye también la serie de El Caleyo, que ha sido medida y muestreada por el señor Pello, a quien también le queda el autor muy agradecido.

El área estudiada y la situación de los cortes está indicada en las figuras 1 y 2. Se han levantado dos tipos de series o cortes: series estratigráficas detalladas, con espesores calculados o

ha motivado que, tanto los puntos de observación como los de recogida de muestras hayan sido bastante limitados.

Las unidades paleogeográficas fueron definidas en nuestro trabajo anterior sobre el Jurásico asturiano (1969 c), al que remitimos al lector. Todas las series descritas en la presente publicación se localizan en la «franja móvil intermedia» y en el «surco de Oviedo». Únicamente la serie de Playa de San Pedro (Antromero) puede considerarse como situada en la prolongación occidental de la «cuenca de Gijón-Villaviciosa». La distribución de los principales microfósiles encontrados puede verse en la figura 8.

SERIE O CORTE	SITUACIÓN	N.º Muestras		LEVANTADA POR
		Lev.	Iám.	
Acebal	Comenzando en el pueblo hacia el Norte, campo a través. Hoja 29.	3	12	C. Beroiz
Bierces-I	Unos 500 m. al NE. de Bierces, en dirección a La Parte. Hoja 30.	8	10	J. Ramírez
Bierces-II	La base cerca de Berone, en la carretera de Berone a La Parte. Hoja 54.	22	25	J. Ramírez
Campiello	Desde el río Noreña, en la fuerte curva a 1 km. al W. de Campiello, hasta la fábrica de Cerámica, en un trazado paralelo a la carretera. Hoja 29.	12	10	C. Beroiz y J. Ramírez
El Caleyo	En la nueva carretera de Oviedo a Mieres, en el paraje de este nombre. Hoja 52.	6	6	J. Pello
Km. 457.350	En la carretera de Oviedo a Gijón, en el citado punto kilométrico, junto a la Tejera. Hoja 29.	3	3	J. E. Coma y C. Felgueroso
Lugo de Llanera	Junto al túnel del ferrocarril de León a Gijón: Entre los kilómetros 150 y 151. Hoja 29.	8	11	C. Beroiz y J. Ramírez
Molino del Prado	En el camino de Huergo al Molino del Prado. Hoja 29.	12	10	J. Ramírez
Nava	Comenzando en la estación de Nava, por la vía del ferrocarril de Oviedo a Llanes, en dirección a Oviedo. Hoja 30.	18	25	C. Beroiz y J. Ramírez
Playa de S. Pedro	Por la costa, comenzando en el contacto con el flysch carbonífero, hacia el NW. Hoja 14.	8	10	R. Pignatelli y J. Ramírez
Peñaferruz	Camino que va de Peñaferruz a Figar. Hoja 29.	22	20	R. Pignatelli y J. Ramírez
Villameana	Siguiendo la línea que une los pueblos de Barzana (en la carretera de Oviedo a Santander), Villameana y Faro de Arriba. Hoja 29.	2	9	C. Beroiz
Zona del Toral	Unos 500 m. al E. de Traspando y al N. de la mina abandonada. Hoja 29.	5	8	C. Felgueroso y J. Ramírez

de Nava y de la zona de Infiesto, habiendo definido dos hiatos o disconformidades en la serie del Cretácico superior (Ramírez del Pozo, 1968, 1969 a y 1969 b).

SITUACIÓN DE LAS SERIES ESTUDIADAS

La situación de las series estratigráficas detalladas, así como la de los cortes esquemáticos que se estudian en este trabajo, se da en la figura 2. Para facilitar la localización geográfica de dichas series o cortes, damos en el cuadro de la página anterior la situación respecto a los accidentes geográficos más destacables y de fácil reconocimiento, tal como figuran en el Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000. También se indica en el mismo cuadro el número de muestras tomadas en cada serie, estudiadas por levigación o en láminas delgadas, así como el geólogo que ha levantado la sección o corte.

BIOESTRATIGRAFÍA

El llamado «segundo conglomerado» se encuentra intercalado entre los sedimentos de facies Purbeck y los niveles de facies marina del Aptense inferior, como indicamos en nuestro trabajo sobre el Jurásico asturiano (1969 c). La descripción de este tramo conglomerático y su equivalente lateral («facies amarilla o de Lastres») fue incluida en el mencionado trabajo, en el que se indicaba el carácter local de estos afloramientos (sólo conocidos en las zonas de Peñaferruz, Playa de San Pedro o Antromero y Lastres) y facies salobre de los mismos. Parece lógico suponer que en este tramo conglomerático, situado entre el Portlandense y Aptense inferior, haya importantes hiatos sedimentarios, como sabemos sucede en otros lugares de la cuenca Cantábrica (especialmente en las zonas Norte de Burgos y Sur de Alava) (Ramírez del Pozo, 1969 d y 1971).

a) Cretácico inferior

1) Aptense marino

Como se ha dicho más arriba, es éste el primer episodio marino que encontramos después de la sedimentación de las capas conglomeráticas de facies salobre. Trabajos acerca de la Estratigrafía del Aptense han sido publicados por Schulz (1959), Barrois (1880), Karrenberg (1934), Llopis Lladó (1956), Almela y Ríos (1962) y Schroeder y Wienands (1966), entre otros.

Playa de San Pedro (Antromero, al Este de Luanco). Schroeder y Wienands (1966) describen

con bastante detalle, mencionando especialmente sus Orbitolínidos, la serie estratigráfica del Aptense, que ya, anteriormente, había descrito Karrenberg (1934). Este corte comprende unos 75 metros de alternancia de margas grises, arenosas, con areniscas blanquecinas de grano fino y de varios niveles, de diferente espesor, de calizas microcristalinas (biomicritas), generalmente arenosas y arcillosas, con abundante microfauna. En la base hay unos bancos de calizas arcillosas que forman auténticas lumaquelas con *Ostreas* y *Glaucônia*. En estos bancos inferiores encontramos *Choffatella decipiens* Schlumb., *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.) y numerosos Ostrácodos, entre los que se han reconocido «*Clithrocytheridea*» aff. *brevis* (Cornuel), *Paracypris* cf. *jonesi* Bonnema, *Platycytheris* sp. 1 y *Doloccytheridea intermedia* Oertli. El banco de calizas arcillosas, arenosas y calcareníticas situado por encima, además de *Choffatella decipiens* Schlumb., contiene *Sabaudia minuta* (Hofker), *Everticyclammina greigi* (Henson), Miliolidos y abundantes restos de algas calcáreas (*Munieria* y *Permo-calculus*).

En la parte media del corte, donde alternan calizas arenosas y arcillas limolíticas, por debajo de las calizas más altas, encontramos otros Orbitolínidos como *Orbitolinopsis kiliani* Silv., y *Praeorbitolina cormyi* Schroed. junto a las especies de microfósiles ya citadas en niveles inferiores. En este tramo se encuentran Lamelibranquios, Gasterópodos y Braquiópodos (*Terebrátula*).

Por los microfósiles mencionados no hay ninguna duda para asignar a toda la serie descrita al Aptense inferior (Bedouliense).

Por encima de esta serie y aflorando solamente en la isla de Antromero, vienen más de 20 m. de calizas compactas, en bancos potentes, algo arcillosas en su parte inferior (nivel j de Schroeder y Wienands). Contienen *Pseudotoucasia santanderensis* Douv., *Polyconites verneuli* Bayle, Lamelibranquios, *Terebrátula*, *Rhynchonella*, Biozoos y Corales, así como los siguientes microfósiles: *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana parva* Douglass, *Orbitolina* (*M.*) *texana texana* (Roemer), *Dictyoconus* sp. (referido por Schroeder y Wienands como *D. pachymarginalis* Schroed.), *Everticyclammina greigi* (Henson), *Sabaudia minuta* (Hofker), *Pseudochoffatella cuvillieri* Deloffre, *Cuncolina* sp., *Spiroloculina* sp. y algunos Miliolidae y Lituolidae. Las calizas de la isla de Antromero corresponden al paso entre el Bedouliense superior y el Gargasiense como demuestran los Orbitolínidos citados.

En la sección de Peñaferruz, el Aptense inferior tiene un espesor de unos 140 m., no estando, como

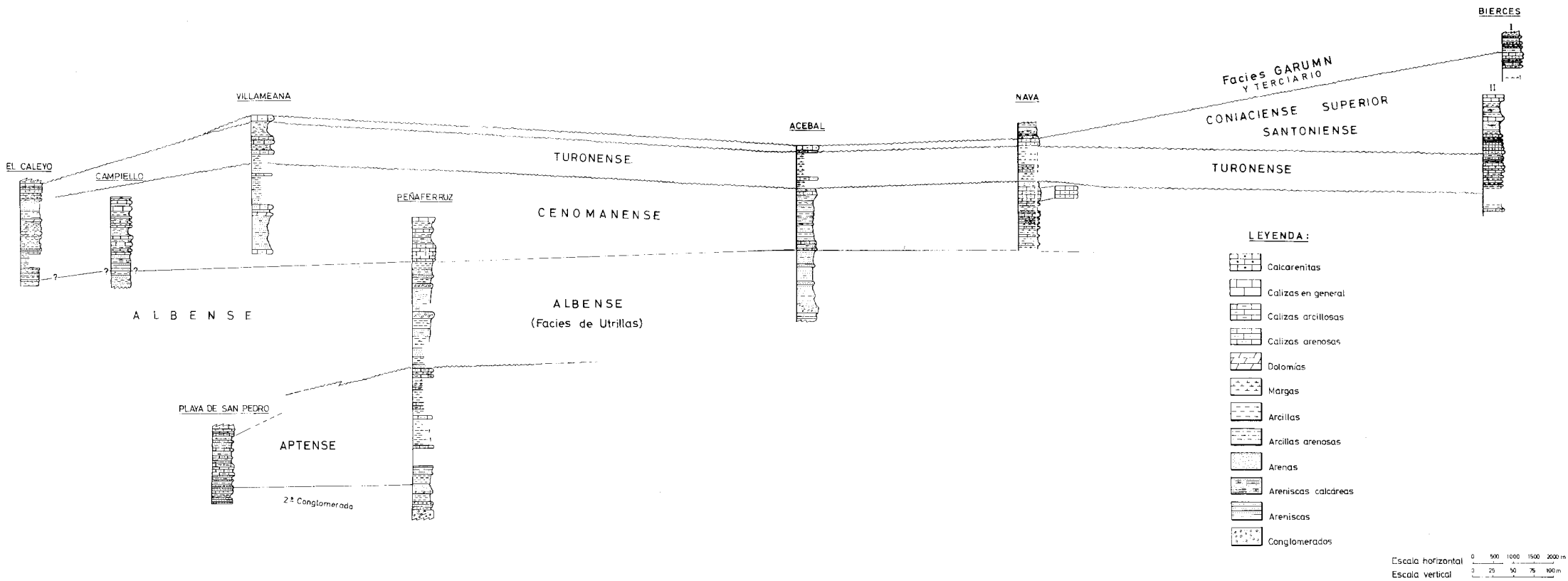


Fig. 8.—Corrección de las series estratigráficas del Cretácico asturiano.

en los demás cortes estudiados, el Gargasiense en facies marina. Se distinguen los siguientes niveles:

a) En la base alternan areniscas de grano medio, azoicas, con arcillas rojizas y grises que contienen una abundante microfauna, en la que predominan las especies de Ostrácodos: *Neocythere mertensi* Oertli, *Bairdia* sp. 302 Oertli, *Cythereis büchlerae* Oertli, *Sabaudia minuta* (Hofker), *Everticyclammina greigi* (Henson), así como algunas Radiolas y restos de Equinodermos. Todo este tramo se presenta muy cubierto debido a su constitución extremadamente blanda.

b) Arcillas calcáreas, limolíticas o arenosas, generalmente azoicas, en las que se intercalan algunos bancos de calizas arenosas (biomicritas), muy recristalizadas, con *Choffatella decipiens* Schlumb., *Everticyclammina greigi* (Henson), *Haplophragmium* sp., *Lenticulina* sp., Gasterópodos y restos de Moluscos en general, algas calcáreas (*Permocalculus* y *Munieria*), Ostreidos y secciones de Ostrácodos.

c) Finalmente la parte superior, de reducido espesor (unos 5 m.) en los que alternan calizas arcillosas y limolíticas (biomicritas) con margas grises y pardas con abundantes Orbitolinas. En las calizas se ha determinado: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.), *Choffatella decipiens* Schlumb., *Everticyclammina greigi* (Henson), *Haplophragmium* sp., *Marssonella* sp., junto a algunos Gasterópodos, tubos de Anélidos, Ostrácodos y radiolas de Equinodermos. En las margas hemos reconocido una microfauna muy abundante: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.), *Choffatella decipiens* Schlumb., *Everticyclammina greigi* (Henson), *Lenticulina* sp., *Cythereis büchlerae* Oertli, *Neocythere mertensi* Oertli, *Bairdia* sp. 302 Oertli, *Cytherella* cf. *parallela* (Reuss), *Cytherella ovata* (Roemer), *Cytherelloidea* sp., *Doloccytheridea intermedia* Oertli, así como algunos Briozoos y radiolas de Equinodermos.

Todos estos niveles de la serie de Peñaferruz corresponden al Aptense inferior (Bedouliense). Son, en conjunto, muy parecidos a los de la serie de Playa de San Pedro, aunque la mala calidad de los afloramientos de la sección de Peñaferruz no permite compararlos con detalle. De todos modos puede, en ambos cortes, distinguirse la parte inferior más terrígena con abundantes Ostrácodos y la parte superior, más caliza, con predominio de *Palorbitolina* y otros Orbitolínidos. Los niveles correspondientes a la isla de Antromero no se han observado en Peñaferruz.

En el Km. 457,350 de la carretera de Madrid a Gijón (figura 4) hay unas alternancias de calizas arenosas con arcillas gris-oscuro en las que

hemos separado: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.), *Choffatella decipiens* Schlumb., *Sabaudia minuta* (Hofker), *Doloccytheridea intermedia* Oertli, *Neocythere mertensi* Oertli, *Cytherella* cf. *parallela* (Reuss) junto a pequeños Gasterópodos y algunos moldes de Lamelibranquios. Estas arcillas contienen (Almeida y Ríos, 1962): *Ostrea polyphemus* Coq., *Exogyra aquila* D'Orb., y *Asartarte amygdala* Coq.

En esta misma zona, en los alrededores de Carbaino (a la altura y al E. del km. 458 de la carretera de Madrid a Gijón) hay otro afloramiento de calizas muy arenosas, de tonos grises con abundantes *Choffatella decipiens* Schlumb., Gasterópodos y algas calcáreas (*Permocalculus*). Encima viene un pequeño nivel completamente cuajado de *Exogyra* y de otros Ostreidos. Estos niveles del Bedouliense son la continuación de los que afloran en el km. 457,350 de la carretera, junto a la Tejera, figurando en el mapa de Almeida y Ríos (1962) como Malm. Es evidente que en este lugar o no hay la falla que indican dichos autores, o si existe es de muy poca importancia.

En los alrededores del *Molino del Prado* se observa un corte muy semejante al de Peñaferruz (figura 5). El Aptense inferior está constituido por margas arenosas ricas en *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.) y Ostrácodos con intercalaciones de calizas arenosas (biomicritas) con *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.), *Choffatella decipiens* Schlumb., *Sabaudia minuta* (Hofker), *Everticyclammina greigi* (Henson), *Haplophragmium* sp. y Ostrácodos.

2) Facies de Utrillas

Bajo esta denominación se incluye a la serie de sedimentos comprendida entre el Aptense y Cenomanenses marinos. En todas las secciones donde se ha observado, viene definida por una serie de tramos de arcillas, más o menos arenosas, de tonos grises y vinosos, generalmente abigarradas, con restos de lignito y arenas y areniscas poco cementadas, de tonos blanco, rosado, amarillo o rojo vinoso, según niveles. Las areniscas son de grano medio a grueso, generalmente subredondeado, con una matriz arcillosa muy escasa. Los granos son de cuarzo, cuarcita y de feldespatos potásicos (estos últimos en una proporción menor del 5 por 100 sobre el total de la roca). Entre los minerales pesados destaca la presencia de circon, turmalina y rutilo y según los estudios de Gutiérrez Claverol (1968) presentan un elevado contenido en andalucita.

Tanto las arcillas como las areniscas presentan estratificación de tipo lenticular y las areniscas

tienen una clara estratificación cruzada, siendo frecuentes los fragmentos, e incluso lechos, de lignito. Presentan siempre una o varias intercalaciones conglomeráticas que denominamos «tercer conglomerado», por ser generalmente muy constantes. Como el «segundo conglomerado» no es muy compacto y está constituido por cantos de cuarcita semirredondeados, con un cemento de arenisca poco consolidada de grano medio a grueso, idénticas a las de los tramos de areniscas. El espesor de este tramo o tramos conglomeráticos oscila entre 10 y 25 m. y tiene un carácter extremadamente lenticular. El color es, como en los niveles donde predominan las areniscas, muy blanquecino, aunque en algunas localidades adquiere una tonalidad algo más amarillenta. Los tonos blanquecinos de estas areniscas y conglomerados son debidos a la presencia de caolín, que es particularmente abundante en algunos niveles.

Como los otros niveles conglomeráticos, este tercer nivel tiene también un carácter altamente transgresivo o «extensivo», descansando sobre materiales de edades diferentes: Liásico, Triásico, Carbonífero (zona de Tora y Acebal) (fig. 7).

El espesor total de la facies de Utrillas es difícil de evaluar en muchos lugares, aunque en la «franja móvil intermedia» parece tener un máximo de 130 metros. (Peñaferuz). Respecto a la edad, debe incluir al Albense (probablemente medio y superior) y en muchos lugares debe comprender también la base del Cenomanense. En este sentido debemos señalar que el techo de la facies de Utrillas presenta un acusado diacronismo en toda la región, siendo más moderno en las zonas occidentales (series de El Caleyo y Campiello) donde una buena parte del Cenomanense está representado por estas facies. Además es muy frecuente que dentro de la serie marina del Cenomanense haya intercalaciones de arenas de facies Utrillas como indicaremos cuando nos ocupemos de este piso.

Denominamos a estos niveles como facies de Utrillas por su extraordinario parecido litológico y cronológico con el que presentan estos tramos en las series de Burgos (Ramírez del Pozo, 1971). Por otra parte, son idénticas a las facies que afloran en Utrillas (Teruel), y que hemos definido como «formación arenas de Utrillas» (Aguilar, Ramírez y Riba, 1971) y que ha sido datada como Albense medio y superior. Todas las muestras estudiadas en las series de Acebal, Campiello y Peñaferuz son azoicas, mientras que en El Caleyo, donde en el Cenomanense inferior hay facies transicionales entre las de Utrillas y las marinas, hemos observado en algún nivel, Foraminíferos de concha arenácea pertenecientes al género *Haplo-*

phragmoides. Es importante señalar que hasta el presente han sido citados estos niveles como facies Wealdense por todos los autores.

b) Cretácico superior

Descansando sobre las facies de Utrillas, y en concordancia con las mismas hay una serie de tramos de calizas que alternan con otros de arcillas, margas o arenas, todo ello en un conjunto de facies marina. Constituye una serie muy monótona que resulta muy difícil de dividir litológicamente. Afortunadamente son niveles ricos en micro y macrofauna, lo que nos ha permitido distinguir el Cenomanense, el Turonense inferior y el Coniacense en la mayor parte de la región y el Santoniense, en la zona de Infiesto.

1) Cenomanense

En el corte de *El Caleyo*, levantado en la carretera N-630, en el tramo entre Oviedo y Mieres, podemos distinguir, a grandes rasgos, los siguientes niveles:

a) En la base unos 18 m. en los que alternan arcillas negras o grises, según niveles, plásticas con arenas amarillentas y blancas. Los pasos entre una y otra no son netos y en determinados lechos se presentan delgadas intercalaciones de arcillas y arenas en láminas de escasos centímetros o incluso milímetros. En alguna muestra tomada en niveles arcillosos hemos determinado *Haplophragmoides* cf. *eggeri* Cushman y *Haplophragmoides excavatus* Cushman y Waters. En estos mismos niveles suelen encontrarse también algunos cristallitos de pequeño tamaño de yeso.

b) Tramo de unos 15 m. no visibles.

c) Nivel de unos 20 m. que comienza por arcillas negras (grises en superficie), plásticas, análogas a las del nivel a), sobre las que descansan areniscas de color gris oscuro, compactas, con nódulos calcáreos ferruginosos. Se intercalan algunos niveles arcillosos y a unos 8 m. de la base del tramo predominan las arcillas negras con restos de troncos y piritas en agregados arriñonados. Las muestras arcillosas de este tramo contienen los mismos Foraminíferos arenáceos del tramo a).

d) 12 m. de calizas arcillosas, grises, arenosas en algunos lechos, margas y arcillas grises y negras. Se han observado, en las láminas delgadas todos los tipos entre calizas microcristalinas con restos de Lamelibranquios y tubos de Anélidos y calizas muy arenosas con *Textularia*, *Marssonella*, *Tritaxia* cf. *pyramidata* Reuss, *Glomospira*, *Len-*

ticulina, *Nummuloculina*, *Buccicrenata subgoodlandensis* (Vanderpool), Ostreidos, Briozoos y restos de Equinodermos.

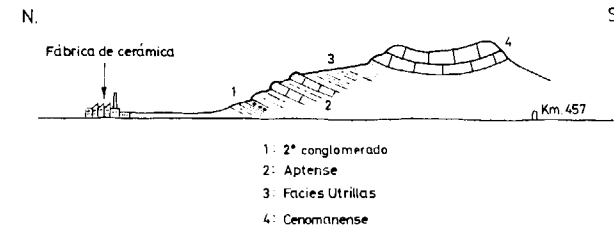


Fig. 4. —Corte esquemático del Cretácico en el km. 457,350 de la carretera Madrid-Gijón.

e) 5 m. de margas grises, arenosas, nodulosos con *Cytherella ovata* (Roemer), *Centrocythere denticulata* Mertens, *Schuleridea jonesiana* (Bosquet), *Dolococytheridea bosquetiana* (Jones e Hinde), Ostreidos, Briozoos y restos de Equinodermos.

f) 7 m. en los que hay varios niveles de arenas arcillosas y calizas dolomíticas, amarillentas, compactas. Estas últimas son muy arenosas y puede considerarse como una arenisca dolomítica o una dolomía cristalina muy arenosa, teñida por óxidos de hierro, conteniendo solamente secciones de Lamelibranquios y radiolas de Equinodermos.

g) Unos 22 m. que en la base son arcillas grises, plásticas, con restos carbonosos, y en los 15 metros superiores arenas gruesas blanquecinas. Todo el conjunto presenta facies de Utrillas.

Los niveles a y c representan la transición entre las facies de Utrillas y las facies marinas del Cretácico superior. Su edad es indudablemente Cenomanense de acuerdo a los Foraminíferos mencionados. Los niveles d y e son ya de facies marinas de poca profundidad y también corresponden al Cenomanense inferior, mientras que los tramos f y g deben corresponder todavía al Cenomanense, tenido en cuenta la sucesión estratigráfica de otros cortes de la región, aunque el nivel g carece de fauna.

En la serie de *Campiello* se midieron 80 m., en los que alternan calizas microcristalinas, generalmente arenosas (biomicritas), muy recristalizadas en los niveles superiores, en bancos de 2 a 6 m. con arcillas rojizas y plásticas, que en la parte inferior predominan sobre los tramos calizos y son muy arenosas e incluso hay varios niveles de arenas intercalados. En los niveles calizos se ha determinado: *Orbitolina concava concava* (Lamarck), *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Haplophragmoides ceno-*

mana (Cuvill. y Szak.), *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Coskinolina*, *Glomospira*, *Dicyclina*, *Pseudocyclamina*, *Buccicrenata subgoodlandensis* (Vanderpool), *Quinqueloculina*, *Lenticulina*, *Lithothamnium* y abundantes restos de moluscos, de algas calcáreas y de Políperos. En algún nivel arcilloso se ha separado, además, *Praecalveolina cretacea brevis* Reichel.

Los 80 m. medidos en *Campiello* corresponden en su totalidad al Cenomanense.

En el túnel de *Lugo de Llanera* (figura 6) las calizas que afloran unos metros al Norte del túnel, en contacto por falla con el Terciario, son del Cenomanense. Se trata de biopelmicritas arenosas muy fosilíferas, destacándose: *Orbitolina* ex gr. *concava* (Lamarck), *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Coskinolina*, *Praecalveolina*, *Nummuloculina*, *Nezzazzata simplex* Omara, *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Dicyclina*, *Quinqueloculina*, *Cuneolina* cf. *pavonia* D'Orb., *Lithothamnium* y *Boueina pygmaea* PIA.

En este lugar, Almela y Ríos (1962) citan: *Orbitolina* sp., *Astrocoenia konincki* Edw. Haime, *Trochocyathus* aff. *conulus* Edw. Haime y *Gallionasa* (pinzas). Llopis Ladó (1965) incluye este afloramiento en el Gargasiense.

En la sección de *Villameana* el Cretácico superior se presenta en serie monoclinial, con buzamientos suaves al NW. El Cenomanense tiene como mínimo un espesor de unos 120 m. y está definido por arenas y arcillas en la base que afloran

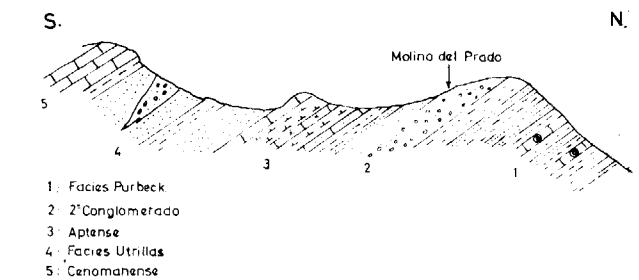


Fig. 5. —Corte esquemático del Cretácico en el Molino del Prado.

ran sólo muy esporádicamente, con cuatro intercalaciones de calizas arenosas (biomicritas y biopelmicritas) una de ellas dolomitizada. En esta sección el número de tramos calizos es menor que en *Campiello*, aunque los tramos blandos correspondientes a arcillas y arenas se presentan muy recubiertos. En las calizas se ha determinado: *Nummuloculina*, *Buccicrenata subgoodlandensis* (Vanderpool), *Quinqueloculina*, *Praecalveolina simplex* Reichel, *Praecalveolina cretacea brevis* Reichel, *Ovalveolina ovum* D'Orb., *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), *Cuneolina pavonia*

nia D'Orb., *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Massonella*, cf. *trochus* D'Orb., *Lithothamnium*, Briozoos, Gasterópodos y algas calcáreas (*Boueina*, *Acicularia*, *Neomeris penderae* Konishi y Epis). Esta asociación es prácticamente idéntica a la mencionada en Lugo de Llanera y Campiello.

En *Peñaferruz* aflora el Cenomanense muy tectonizado, y está constituido por tres bancos de calizas separados por arcillas, arenas y margas arcillosas. El banco calizo inferior tiene un espesor de unos 25 m. y está constituido por biograpelesparitas arenosas con *Orbitolina concava concava* (Lamarck), *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Buccirenata subgoodlandensis* (Vanderpool), *Coskinolina*, *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Neiraquia convexa* Danilova, *Nummoloculina*, algas calcáreas (*Acicularia*, *Neomeris*), Briozoos y restos de moluscos.

En la base del tramo arcilloso hemos reconocido, por levigación, la siguiente microfauna: *Thomasinella punica* Schlumb., *Haplophragmoides* cf. *cushmani* Loeb. y Tapp., *Trochammina*, *Platycythereis* sp. 2 y *Buccirenata subgoodlandensis* (Vanderpool). En conjunto el tramo arcilloso-arenoso tiene un espesor de unos 14 m.

Los dos niveles calizos superiores están separados por un tramo de margas arcillosas que en conjunto tienen un espesor de unos 19 m. Las calizas son limolíticas y contiene, entre otros, los siguientes microfósiles: *Orbitolina concava concava* (Lamarck), *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Buccirenata subgoodlandensis* (Vanderpool), *Quinqueloculina*, *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), Briozoos, fragmentos de Madreporarios, etc.

Toda la serie que aflora en Peñaferruz corresponde, sin ninguna duda, al Cenomanense inferior por contener *O. concava concava* (Lamarck) tanto en la base como en el techo de la misma.

Tanto en la zona del Toral (figura 7) como en la sección de Acebal, las facies de Utrillas, con su intercalación conglomerática, descansan sobre el Carbonífero como ya indicamos anteriormente. El Cenomanense tiene un espesor de unos 80 m. y está integrado por dos o tres bancos de calizas muy arenosas de 2 a 4 m. de potencia, separados por arenas de color pardo amarillento, a veces rojizas, con estratificación oblicua, que presentan finas intercalaciones arcillosas. Hay también algunos niveles de areniscas, microconglomeráticas en algunos lechos, constituidas por granos de cuarzo y cuarcita solamente, con una matriz arcillosa, generalmente escasa, por lo que puede clasificarse como ortocuarcitas. En las calizas hemos

observado: *Orbitolina* ex gr. *concava* (Lamarck) (fragmentos), *Haplophragmium*, *Praealveolina simplex* Reichel, *Quinqueloculina*, *Dorothia*, *Nummoloculina*, *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb., *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Lithothamnium*, Briozoos, restos de algas (*Acicularia*) y Gasterópodos.

En la sección de Nava el Cenomanense, que tiene un espesor de unos 90 m., fue ya anteriormente descrito, junto a los demás pisos del Cretácico superior, por el autor (1969 b) a cuyo trabajo remitimos al lector. La serie estratigráfica del Cenomanense puede sintetizarse del siguiente modo:

a) La parte inferior caracterizada por una alternancia de calizas y margas, generalmente arcillosas. Las calizas son arenosas, aumentando de espesor a medida que ascendemos en la serie, mientras que los tramos margosos aumentan su contenido en arcilla y arena o limo según descendemos en la serie. En los tramos margosos se determinaron un buen número de especies de foraminíferos y ostrácodos, entre los que se destacan: *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), *Flabellamina alexanderi* Cushman, *Thomasinella punica* Schlumb., *Orbitolina concava qatarica* Henson, *Marginulina*, *Dentalina*, *Tritaxia pyramidata* Reuss, *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *texana aperta* (Erman), *Cytherella ovata* (Roemer), *Centrocythere denticulata* Mertens, *Schuleridea jonesiana* (Bosquet), *Cythereis picofrentensis* Grekoff y Deroo, *Cythereis* sp. 1 Grekoff y Deroo, *Cythereis* aff. *reticulata* (Jones e Hinde), *Platycythereis* sp. 2, *Doloccytheridea bosquetiana* (Jones e Hinde), *Pterigocythere*, *Paracypris* sp. 1 Grekoff y Deroo, y *Bairdia*. Las calizas son biograpelesparitas, con óxidos de hierro y bioclastos generalmente redondeados, entre los que señalaremos: *Praealveolina cretacea brevis* Reichel, *Praealveolina simplex* Reichel, *Cuneolina* cf. *pavonia* D'Orb., *Pseudocyclammina*, *Nummoloculina*, *Orbitolina* ex gr. *concava* (Lamarck) y *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb. Todos los microfósiles mencionados, tanto en las margas como en las calizas, caracterizan al Cenomanense inferior.

b) La parte superior, constituida por unos 20 metros de calcarenitas (biograpelesparitas, localmente con oolitos), que hacia arriba se hacen muy arenosas, pasando a areniscas calcáreas con glauconita. En conjunto contienen los siguientes fósiles: *Orbitolina concava concava* (Lamarck), *Orbitolina conica* (D'Arch.), *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb., *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Nezazata simplex* Omara, *Nummoloculina*, *Pseudocyclammina*, *Lenticulina*, fragmentos de *Praealveolina*, Briozoos, algas calcáreas (*Boueina* pyg-

maea Pia), *Lithothamnium*, *Exogyra*, etc. En la carretera de Laviana a Nava se observa también este tramo calcarenítico, donde contiene los mismos fósiles. La microfauna mencionada indica que la edad de este nivel es la transición entre el Cenomanense inferior y superior, por lo que puede situarse en el Cenomanense medio.

En la serie de Bierces (corte II) en posición muy tectonizada y en contacto con las cuarcitas del Ordovícico, afloran arcillas negras, hojosas, limolíticas y micáceas con una intercalación de calcarenitas arenosas (biosparitas) con *Orbitolina*

niveles la siguiente microfauna: *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Heterohelix*, *Quinqueloculina*, *Marssonella*, *Neomeris penderae* Konishi y Epis, *Boueina* cf. *pygmaea* Pia, *Acicularia*, Briozoos y Gasterópodos.

En la sección de Villameana hay un tramo de unos 50 m. de espesor, muy cubiertos, en el que afloran dos bancos de calizas de unos 4 a 8 m. de potencia, con limo de cuarzo y glauconita. Son biopelmicritas con *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Spiroplectammina*, *Hedbergella paradubia* (Sigal), ostrácodos, Briozoos, Gasterópodos.

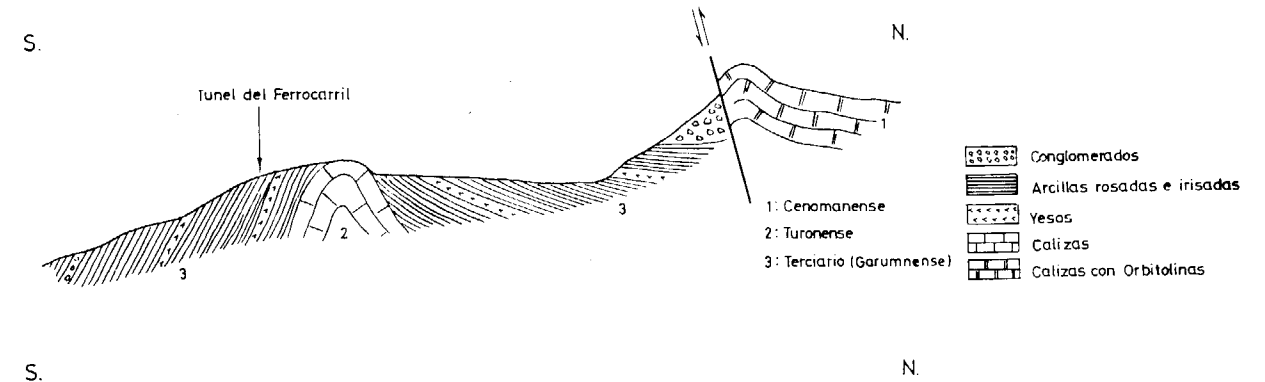


Fig. 6. —Corte esquemático del Cretácico en el Túnel de Lugo de Llanera.

ex gr. *concava* (Lamarck), *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Haplophragmium*, *Quinqueloculina*, Briozoos, etc. El espesor de este tramo, que por los fósiles mencionados, corresponde al Cenomanense inferior, no puede estimarse debido a los accidentes tectónicos señalados.

2) Turonense

En el túnel de Lugo de Llanera (figura 6) las calizas que forman el anticlinal junto a la boca del túnel pertenecen al Turonense. Son biomicritas y biograpelesparitas con glauconita y limo, así como abundantes Rudistas, Madreporarios, Gasterópodos, Briozoos y una rica asociación de microfósiles: *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Spiroplectammina*, *Heterohelix*, *Lenticulina*, *Neomeris penderae* Konishi y Epis, *Boueina*, *Acicularia*, ostrácodos, etc.

En la sección de El Caleyo, el Turonense está representado por un tramo de 20 m. de calizas grises, arcillosas, de aspecto brechoide, que alternan con lechos más margosos. Todo el conjunto tiene un carácter noduloso y presenta colores amarillentos en superficie y grises, blancos o rosados en fractura fresca. En la parte inferior, las calizas son biopelmicritas, mientras que hacia arriba son biomicritas, conteniendo en todos los

dos y pequeños Miliolidos. Entre las calizas aparecen algunos niveles de margas arenosas o limolíticas que afloran muy parcialmente. La microfauna mencionada en esta serie, así como la de todas las demás de la zona asturiana, indican que sólo está representado el Turonense inferior. En la carretera de Oviedo a Santander, en el kilómetro 207,5, es decir, aproximadamente en el mismo lugar donde se localiza la serie aquí estudiada, Almela y Ríos (1962) señalan algunos cor-

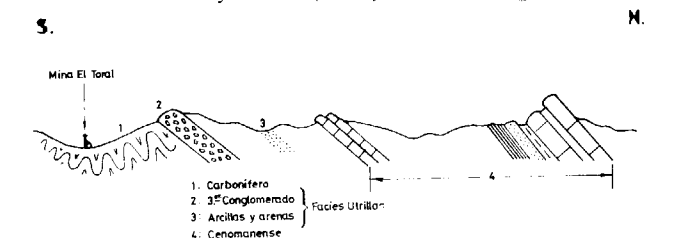


Fig. 7. —Corte esquemático del Cretácico de la zona del Toral.

tes de Rudistas, entre los que han podido determinar *Radiolites* cf. *lusitanicus* Bayle. Aunque la determinación no es muy precisa, señalan los mencionados autores, que por su forma y tamaño deben pertenecer al Turonense.

En la serie de Acebal el tramo correspondiente al Turonense se presenta extraordinariamente

cubierto, aflorando solamente un banco de unos 3 m. de calizas microcristalinas (biomicritas) con glauconita y limo de cuarzo. La microfauna es idéntica a la mencionada en Villameana.

El Turonense de Nava está constituido por un tramo de margas con intercalaciones de calizas arcillosas, con un espesor total de unos 48 m. Se trata de un conjunto con abundantes microfósiles tanto en las calizas, que son biomicritas o biopelmicritas con glauconita, como en las margas, que son de tonos gris-oscuro, plásticas y limolíticas. Los microfósiles más frecuentes en las calizas son: *Hedbergella paradubia* (Sigal), *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Tritaxia* cf. *tricarinata* Reuss, *Heterohelix*, *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb., *Lenticulina*, etc. En las margas predominan los Foraminíferos arenáceos y los Ostrácodos: *Ammobaculites stephensoni* Cushman, *Pseudocyclamina brayi* Colom, *Cythereis* aff. *reticulata* (Jones e Hinde), *Pterigocythere allinensis* (Grekoff y Deroo), *Quadracythere*, *Paracyprideis*, etc. Como se ha indicado anteriormente, esta microfauna caracteriza al Turonense inferior y en particular *Hedbergella paradubia* (Sigal) es un microfósil guía de la base de este piso. Barrois (1880) menciona en el Turonense de Nava *Ammobaculites* cf. *levesiensis*, *Inoceramus labiatus* y *Periaster verneuili*, que caracterizan también al Turonense inferior.

Finalmente, en la serie de Bierces (corte II) el Turonense se presenta en afloramiento prácticamente continuo, pudiendo separarse dos tramos litológicos:

a) En la base 18 m. visibles de margas limolíticas, grises, con hiladas de calizas nodulosas. Las margas contienen: *Ammobaculites stephensoni* Cushman, *Globotruncana* cf. *renzi* Gandolfi, *Ammovertella*, *Lenticulina*, *Pseudocyclamina*, *Dentalina*, *Palmula*, *Pterigocythere allinensis* (Grekoff y Deroo), *Quadracythere*, *Bairdia*, *Paracyprideis*, Briozoos, Braquiópodos (*Terebratula*), Ostréidos (*Exogyra*), Equinodermos, etc. Las calizas intercaladas son biomicritas limolíticas con *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Marssonella*, cf. *trochus* D'Orb., *Pseudocyclamina*, Políperos, algas y Gasterópodos.

b) Unos 24 m. de calizas nodulosas, de aspecto brechiforme, con limo (biopelmicritas), que tienen algunas intercalaciones delgadas de margas arcillosas grises, limolíticas. La microfauna característica de este tramo es: *Hedbergella paradubia* (Sigal), *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Tritaxia* cf. *tricarinata* Reuss, *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb., *Pseudocyclamina*, *Boueina pygmaea* Pia, *Neomeris pfenderae* Konishi y Epis, *Acicularia*, etc. Son también muy frecuentes en estos niveles los Políperos, Briozoos, Gasterópodos, Rudistas,

Equinodermos, etc. La presencia de *Hedbergella paradubia* (Sigal) en estos tramos más altos del Turonense, indica que corresponden al Turonense inferior como en todas las demás zonas de Asturias.

3) Coniaciense-Santonense

Los cortes o series de la zona Occidental (*Villameana*, *Acebal* y *Nava*) incluyen solamente la base de este conjunto, mientras que en *Bierces* la serie del Cretácico superior marino comprende hasta el Santonense superior inclusive.

La base del conjunto Coniaciense-Santonense está definida por un tramo de calcarenitas de unos 5 a 10 m. de espesor, que en la base son microcristalinas y contienen glauconita y limo (biopelmicritas o biogravelmicritas) y en la parte alta son cristalinas (biosparitas). En los cortes de *Villameana*, *Acebal* y *Nava* sólo está representado la parte inferior o microcristalina que contiene: *Dictyopsella* cf. *kilianii* Mun.-Chalm., *Minouxia lobata* Gendrot, *Spiroplectamina*, *Tritaxia* cf. *tricarinata* Reuss, *Spirophthalmidium*, *Quinqueloculina*, *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Lithothamnium*, *Acicularia*, *Boueina* cf. *pygmaea* Pia, *Neomeris* cf. *cretacea* Steinmann, *Halimeda*, abundantes Rudistas, Políperos y Briozoos. En nuestra opinión es muy probable que este tramo calizo represente al Coniaciense medio o superior, existiendo, por tanto, una laguna o hiato estratigráfico del Turonense superior y Coniaciense inferior como se ha señalado en las series del Sur de Alava y Burgos (Ramírez, 1971).

En la región Oriental (corte de *Bierces*) continúa la sedimentación en facies marina hasta el Santonense superior. En *Nava* se observa por encima del tramo de calizas ya descrito, un nivel de unos 4 m. de areniscas calcáreas con intraclastos y pseudoolitos, así como abundantes granos de glauconita y escasos restos orgánicos (Miliólidos, *Acicularia* y restos de Equinodermos) que demuestran su carácter marino de poca profundidad. En las calizas de Nava, Barrois (1880) encontró: *Hippuritites organisans*, *Hippurites cornuaccinum* y *Nerinea monolifera*.

En la mencionada región Oriental el primer tramo de calizas del Coniaciense tiene una potencia de 14 m., y en su parte superior es de carácter cristalino (biosparitas) donde, además de los microfósiles ya mencionados, contiene *Nummofallotia cretacea* (Schlumb.). El resto del Cretácico superior fue descrito detalladamente en nuestro trabajo sobre el Cretácico de la zona de Infiesto (1969 a), por lo que resumiremos aquí las subdi-

visiones en él establecidas. Por encima de las calizas citadas tenemos, de abajo a arriba, la siguiente sucesión:

a) 3 m. de areniscas poco cementadas, de grano medio, micáceas y azoicas.

b) 6 m., en los que alternan arcillas limolíticas grises y amarillas con calcarenitas gruesas y arenosas (intra-bioesparritas con oolitos) con *Quinqueloculina*, *Lithothamnium*, *Acicularia*, *Boueina*, Políperos, Rudistas y Briozoos.

c) 40 m., en los que alternan arenas amarillas y rojas con estratificación cruzada, con pasadas microconglomeráticas y arcillas gris-oscuro, micáceas, arenosas o limolíticas, plásticas y con restos de vegetales. Hay una intercalación de calizas microcristalinas, blancas, de aspecto noduloso (biopelmicritas) con *Minouxia lobata* Gendrot, *Vidalina hispanica* Schlumb., *Dicyclina schlumbergeri* Mun.-Chalm., *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Quinqueloculina* y secciones de Rudistas.

d) 7 m. de calizas microcristalinas, brechoides, de tonos claros, arenosas en la parte inferior (biomicritas) con *Vidalina hispanica* Schlumb., *Spirocyclina choffati* (Mun.-Chalm.) *Dictyopsella* cf. *kilianii* Mun.-Chalm., *Dicyclina schlumbergeri* Mun. Chalm., *Minouxia conica* Gendrot, *Nezzasata*, *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Boueina pygmaea* Pia, *Neomeris*, Políperos, Briozoos, Rudistas, etc. En la base hay una intercalación de 20 cm. de arcilla carbonosa negra con Briozoos.

Entre los cortes I y II queda un tramo de potencia no calculable en el que no es posible hacer ninguna observación. Los niveles que a continuación describimos pertenecen ya al corte I.

e) 10 m. de limos calcáreos amarillentos con pasadas de calcarenitas arenosas y teñidas por óxidos de hierro (biomicritas, biopelmicritas y biogravelmicritas). En los levigados se ha reconocido: *Nummofallotia cretacea* (Schlumb.), *Idalina antiqua* D'Orb., *Quinqueloculina*, *Bairdia* y Briozoos. En las calcarenitas: *Nummofallotia cretacea* (Schlumb.), *Vidalina hispanica* Schlumb., *Rotalia* cf. *reicheli* Hott., *Marssonella* cf. *trochus* D'Orb., *Quinqueloculina*, *Lockartia*, *Lithothamnium*, *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), Briozoos, etcétera. De este nivel, Almela y Ríos (1962) clasifican *Rhynchonella difformis* D'Orb., *Exogyra langloisi* Coq., *Exogyra spinosa* Math., y *Pycnodonta vesicularis* Lam.

f) Termina el Cretácico superior en facies marina con un banco de 7 m. de potencia de calcarenitas de tonos claros (biopelmicritas o intra-bio-micritas) con *Lacazina elongata* Mun.-Chalm., *Nummofallotia cretacea* (Schlumb.), *Idalina antiqua* D'Orb., *Quinqueloculina*, *Spiroplectamina*, *Rotalia* cf. *reicheli* Hott., *Briozoos*, etc.

Tanto los microfósiles mencionados en el nivel e como la macrofauna determinada por Almela y Ríos demuestran que dicho nivel corresponde al Santonense inferior. La presencia de *Lacazina* en el nivel f indica, sin la menor duda, que dicho nivel pertenece al Santonense superior.

4) Facies Garumn y Terciario no marino

Sobre los sedimentos del Cretácico superior en facies marina ya descritos, se sitúa una serie de facies continental, que en su base está constituida por arcillas, arenas (a veces conglomeráticas) y conglomerados preferentemente calcáreos que nosotros atribuimos a la facies Garumn (*) como más adelante justificaremos.

En las series Occidentales (*Villameana*, por ejemplo) las calizas datadas como del Coniaciense contienen algunos restos de algas *Solenoporáceas* que pueden ya indicarnos el carácter regresivo de la cuenca del Cretácico superior. En *Nava*, directamente encima de las areniscas calcáreas de facies marina, atribuidas al Coniaciense, se reconoce una serie de arenas amarillas y blanquecinas, de grano grueso, con pasadas microconglomeráticas y con estratificación cruzada, entre las que se intercalan lechos de arcillas plásticas de tonos variolados con pequeños nódulos de yeso. Esta serie detrítica, atribuida al Oligoceno por todos los autores, parece yacer en concordancia sobre la serie de facies marina del Cretácico superior. En los niveles arcillosos se han reconocido algunos Briozoos con señales de resedimentación y calcificaciones determinadas como «*Microcodium*». Lucas y Montenat (1967) indican que la dispersión de este organismo va desde el Cretácico superior al Eoceno superior, caracterizando a las facies Garumn.

En Bierces la base de la facies Garumn (hasta ahora denominada Terciario continental) viene definida por una alternancia de arcillas calcáreas rojizas, con nódulos calcáreos y de conglomerados de cantos calizos. Más abajo, intercalado dentro de la serie del Cretácico superior marino, hay un tramo de arenas amarillas con pasadas microconglomeráticas y de arcillas plásticas intercaladas (nivel c) idéntico a los mencionados en la facies Garumn, de Nava. La facies Garumn de Bierces fue ya descrita anteriormente en una pequeña nota (Ramírez, 1968). Las arcillas rojizas contienen algunos microfósiles resedimen-

(*) Denominamos facies Garumn y no Garumnense, reservando la terminación en *ense*, poner los pisos o unidades cronoestratigráficas. Quizá fuese más correcto designar a estas facies con el nombre de Garumnium, aunque preferimos simplificar y denominarlas simplemente Garumn.

MICROFOSILES	APTENSE	FAC. UTR.	CENOMAN.	TURON.	CON.-SAN.	SANT./SUP.	FAC. GAR.
Choffatella decipiens SCHLUMB.							
Palorbitolina lenticularis (BLUMENB.)							
Clithrocytheridea aff. brevis (CORN.)							
Paracypris cf. jonesi BONNEMA							
Platycythereis sp. 1							
Sabaudia minuta (HOFKER jun.)							
Everticyclammina greigi (HENSON)							
Orbitolinopsis kiliani SILVESTRI							
Praerbitolina cormyi SCHROED.							
Neocythere mertensi OERTLI							
Bairdia sp. 302 OERTLI							
Cythereis buchlerae OERTLI							
Dolocytheridea intermedia OERTLI							
Cytherella cf. parallela (REUSS)							
Cytherella ovata (ROEMER)							
Aulotortus (Paratrocholina) lenticularis (PAALZOW)							
Orbitolina (M.) texana parva DOUGLASS							
Orbitolina (M.) texana texana (ROEMER)							
Dictyoconus sp.							
Pseudochoffatella cuvillieri DELOFFRE							
Orbitolina concava concava (LAMARCK)							
Pseudotrocholina reicheli MARIE							
Cuneolina pavonia D'ORB.							
Haplophragmoides cenomana (CUV./SZAK.)							
Coskiolina sp.							
Nummoloculina (= Planispirina) sp.							
Praealveolina simplex REICHEL							
Praealveolina cretacea brevis REICHEL							
Ovalveolina ovum D'ORB.							
Flabellamina alexanderi CUSHMAN							
Thomasinella punica SCHLUMB.							
Dolocytheridea bosquetiana (JONES/HIN.)							
Centrocythere denticulata MERTENS							
Schuleridea jonesiana (BOSQUET)							
Cythereis cf. picafrentensis GREKOFF/DEROO							
Platycythereis sp. 2							
Cythereis sp. 1 GREKOFF/DEROO							
Paracypris sp. 1 GREKOFF/DEROO							
Pterigocythere sp.							
Nezzazzata simplex OMARA							
Palmula spp.							
Orbitolina conica (D'ARCH.)							
Pithonella sphaerica (KAUFFMANN)							
Tritaxia cf. tricarinata REUSS							
Heterohelix sp.							
Quadracythere sp.							
Pterigocythere allinensis (GREK./DEROO)							
Paracyprideis sp.							
Pseudoclavulina cf. brayi COLOM							
Ammobaculites stephensoni CUSHMAN							
Hedbergella paradubia (SIGAL)							
Globotruncana cf. renzi GANDOLFI							
Ammovertella sp.							
Spirocyclus choffati MUN.-CHALM.							
Dictyopsella cf. kiliani MUN.-CHALM.							
Minouxia lobata GENDROT							
Nummofallotia cretacea (SCHLUMB.)							
Vidalina hispanica SCHLUMB.							
Dicyclina schlumbergeri MUN.-CHALM.							
Minouxia conica GENDROT							
Nezzazzata sp.							
Rotalia cf. reicheli HOTTING.							
Idalina antiqua D'ORB.							
Lacazina elongata MUN.-CHALM.							
Microcodium							

Fig. 8.—Distribución estratigráfica de los principales microfósiles de Cretácico de Asturias.

tados del Cretácico superior (normalmente del Santoniense) y en la parte baja, cerca del contacto con el Cretácico marino, algunos ejemplares de «Microcodium». Los conglomerados están formados por cantos calizos procedentes del Santoniense superior (biopelmicritas con Lacazina, Nummofallotia, Dicyclina, Dictyopsella, Idalina, etcétera) cementados por calcita microcristalina (dismicrita a pisomicrita), que contiene también «Microcodium» y que en algunos casos son los que cementan a los cantos. La proporción entre el cemento y los cantos varía considerablemente de unos niveles a otros, pues mientras en unos son dismicritas pisolíticas con muy pocos cantos de pequeño tamaño, en otros (sobre todo en la parte más baja de la serie) el cemento es muy escaso frente al número y tamaño de los cantos.

Almela y Ríos (1962) atribuyen la serie inferior del Terciario al Ludense, mientras que el resto correspondería al Oligoceno, no pudiendo establecerse una subdivisión más precisa debido a la extraordinaria monotonía de estas series. Adaro (1916) atribuyó estos tramos al Cretácico, aunque el hallazgo de restos de Mamíferos (Palaeotherium) (Regueral y Gómez de Llarena, 1926) en las yeseras cercanas a Oviedo y en niveles directamente superpuestos al Cretácico marino, confirmó que estos tramos pertenecen al Ludense. La determinación de los mamíferos fue realizada por Royo y Gómez (1927), quien atribuyó también al Terciario la «pudinga de Posada». Respecto a la naturaleza del contacto Cretácico-Terciario, Kahrenberg (1934) señala que existe concordancia, mientras que Llopis Lladó (1950-1957) indica que es ligeramente discordante, y Almela y Ríos (1962) dicen que el Terciario es aparentemente concordante, aunque hay una superficie irregular en el contacto con el Cretácico, no existiendo, por tanto, una continuidad en la sedimentación. Finalmente, Martínez Alvarez (1968 a y b) señala que el contacto es discordante y disconforme, habiendo claras señales de meteorización y carstificación en el mismo. Muy recientemente Julivert y Truyols (1969) se han ocupado de la naturaleza del contacto Cretácico-Terciario en la zona urbana de Oviedo, llegando a la conclusión, tras minuciosas observaciones, que dicho contacto es disconforme, apreciándose en algún punto una ligera discordancia angular. Debido a que el Terciario se depositó sobre un suave relieve del Cretácico, los espesores de la base de aquél varían bastante, así como su naturaleza (nivel de cantos). En Bierces, la serie de facies continental parece, aparentemente concordante con el Cretácico marino, como sucede en Nava, según hemos indicado anteriormente.

En los niveles más bajos del Terciario continental de la nueva carretera de Oviedo a Mieres (El

Caleyo) se han tomado algunas muestras de arcillas rojizas y verdes que, por levigación, han suministrado una abundante microflora de oogonios de Characeas entre las que hemos reconocido especies pertenecientes a los géneros Stephanochara, Harrisichara, Grovesiella y Gyrogona. Hay algunas intercalaciones de calizas microcristalinas con abundantes secciones de Ostrácodos y fragmentos de talos y oogonios de Characeas, no conteniendo «Microcodium». Los géneros de Characeas mencionados indican una edad Eoceno superior para estos tramos lacustres de los alrededores de Oviedo (de acuerdo con Grambast, 1959) lo que por otra parte coincide con la edad atribuida mediante los mamíferos (fauna de Llamaquique).

En resumen, creemos que la base del Terciario continental se presenta en muchos lugares (Nava, Bierces) en facies Garumn. La datación de estos niveles de facies continental está todavía, en nuestra opinión, muy lejos de haberse realizado con suficientes garantías, quedando aún sin resolver bastantes problemas. Lo que sí parece estar relativamente claro es su edad Eoceno superior en los alrededores de Oviedo, donde no hay, por tanto, continuidad en la sedimentación entre el Cretácico y Terciario. En cambio, en los lugares donde la parte inferior de la formación continental se presenta en facies Garumn, ésta podría tener una edad más antigua que el Eoceno superior (Paleoceno o quizás todavía Cretácico), es decir, que existiría una mayor continuidad en la sedimentación con el Cretácico marino. Así, resulta muy curioso el extraordinario parecido litológico de la base de la facies Garumn de Nava con el tramo de arenas y arcillas intercalado dentro del Coniacense superior de Bierces II (nivel c). Respecto al contacto entre el Cretácico y la serie continental creemos, en resumen, que es aparentemente concordante en algunos lugares (paraconformidad), mientras que en otros puede ser ligeramente discordante.

PALEOGEOGRAFÍA

Los datos de que disponemos no nos permiten reconstruir con detalle la Paleogeografía a lo largo de los diferentes pisos del Cretácico, ya que sólo nos facilita una visión muy parcial de la misma. Por ello no ha sido posible dibujar mapas de facies, isopacas, etc., por lo que nos limitaremos a esbozar los principales rasgos paleogeográficos, en especial aquéllos que pueden obtenerse del conocimiento de las biofacies.

Respecto al «segundo conglomerado» y equivalentes, ya hemos indicado que los afloramientos tienen un carácter muy local, tratándose, muy

probablemente, de depósitos fluviales, sedimentados en una cuenca salobre como demuestran las Characeas observadas en la playa de San Pedro. En esta serie todo el conjunto parece presentar secuencias ciclotemáticas. Como ya se ha indicado anteriormente es posible que se presenten importantes hiatos sedimentarios en la serie del Cretácico inferior pre-Aptense, debido a la existencia de movimientos epirogénicos durante la fase Neokimmérica, que darían lugar a la formación de umbrales de cierta importancia. Por otra parte, el hecho de que este tramo conglomerático aflore sólo de un modo local, debe atribuirse a la presencia de las mencionadas fases Neokimméricas. También, por presentarse este tramo conglomerático ligado al Aptense y aflorar siempre en los mismos lugares que éste, parece que la laguna estratigráfica más importante debe situarse en la base del «segundo conglomerado». De todos modos queremos indicar que la falta de fósiles no nos permite hacer afirmaciones.

En el Aptense inferior la zona Occidental se ve invadida por el mar aprovechando el surco o depresión formado en la parte Occidental de la «franja móvil intermedia». En esta zona encontramos un episodio marino de calizas arenosas con Orbitolínidos y arcillas con microfauna marina. Las facies son marinas, costeras o neríticas y la profundidad del mar, en la zona que estudiamos, no parece que fue nunca superior a los 35 ó 40 m. En el Aptense, la zona Nor-Occidental (playa de San Pedro o Antromero) presenta facies con un carácter más acusadamente marino que la Sur-Oriental (Peñaferruz, Molino del Prado, etc.), al propio tiempo que la subsidencia es menor en aquélla. Asimismo, estas facies marinas persisten durante más tiempo (hasta la base del Gargasense) en la playa de San Pedro, mientras que en las demás regiones, los niveles más altos de facies marina alcanzan sólo al Bedouliense. Al Este del meridiano de Pola de Siero no se ha depositado el Aptense, cuya cuenca debió de quedar unida con la de los afloramientos de Santander a través del mar actual.

Durante la sedimentación de las facies Utrillas es muy posible que la cuenca sufriese un fuerte movimiento de basculamiento al SW., que dio lugar a la deposición de estas facies terrígenas. La intercalación del nivel conglomerático debe corresponder a un episodio de rejuvenecimiento de las zonas emergidas y a un aumento de la pluviosidad. Estas facies se extienden ampliamente en el «surco de Oviedo» y en la parte más meridional de la «franja móvil intermedia». Las facies de Utrillas son netamente transgresivas o «extensivas», penetrando hacia el Sur sobre el Carbonífero (zona del Toral) y depositándose en la parte Oriental de la «franja móvil intermedia»

sobre el Liásico o incluso sobre sedimentos más antiguos. El techo de las facies de Utrillas es muy diácrono, comprendiendo, aparte del Cenomanense en los bordes de la cuenca de sedimentación (El Caleyo), donde pueden tenerse facies parálicas. La base es también más moderna en los bordes. Admitiendo una edad Albense para las facies de Utrillas, hay que localizar una laguna estratigráfica en su base, en el contacto con el Aptense inferior. Este hiato o disconformidad es una consecuencia de las fases Austricas, que han tenido un carácter de relleno de la cuenca, no habiendo erosionado prácticamente.

Tanto durante la sedimentación de las facies de Utrillas como la del Cretácico superior, el centro de la cuenca se situaba en las zonas Orientales del área aquí estudiada, es decir, lo contrario que en el Aptense y «segundo conglomerado». Por esta razón creemos que hay un marcado diacronismo en el paso de la facies de Utrillas al Cenomanense marino, que se hace más moderno hacia la zona Occidental (El Caleyo). Por dicha causa, el Cenomanense inferior del citado corte presenta facies parálica, con niveles carbonosos y niveles de facies transicional marina-no marina, es decir, que representa la transición a las facies de Utrillas. El Cretácico superior se presenta a lo largo del «surco de Oviedo» (hasta sobrepasar el meridiano de Cangas de Onís) y de la «franja móvil intermedia» (parte meridional de la misma). La cuenca asturiana se enlaza, hacia el Este, con el Cretácico superior de Santander. Es decir, que no hay enlace o relación entre los dominios de sedimentación del Cretácico superior e inferior (Aptense) en Asturias, como ya se ha indicado. En conjunto todo el Cretácico superior de Asturias presenta facies de borde de cuenca, generalmente neríticas o costeras, haciéndose más profundas en el Turonense inferior y de un modo general, en los cortes más Orientales.

La sedimentación en facies marina del Cretácico superior parece que se ha terminado en el Turonense en las series localizadas en el meridiano de Oviedo (El Caleyo, Lugo de Llanera) continuándose hasta el Coniaciense en la mayor parte de la región estudiada (Villameana, Acebal, Nava) y alcanzando al Santoniense superior en la región de Infiesto (cortes de Bierces). Como en la Cuenca Cantábrica (Ramírez del Pozo, 1971) hay un hiato en el techo del Cenomanense, que afecta a la mayor parte del Cenomanense superior, y otro entre el Turonense y Coniaciense, que afecta al Turonense superior y al Coniaciense inferior. Esta última laguna estratigráfica debe ser explicada por un movimiento de basculamiento o de elevación del borde de la cuenca Cretácica, posiblemente durante el Coniaciense inferior, que motivó la falta de depósito de éste último nivel y

la erosión o falta de sedimentación del Turonense superior.

En el Coniaciense (en la mayor parte de la región) y en el Santoniense (en la zona Oriental) se inicia en toda la región un ciclo transgresivo, como consecuencia de las primeras fases de la orogenia Alpina. El mar se retira definitivamente comenzando un régimen de sedimentación continental y lacustre, que se extiende exclusivamente en el «surco de Oviedo», y que incluye a lo que

dencia del «surco de Oviedo», que ya había comenzado a ser importante durante el Cretácico superior, se acentúa, lo que da lugar a que este surco adquiera cada vez mayor importancia.

Durante el Terciario los movimientos Alpinos se hacen más intensos, plegando la zona y acentuándose el escarpe de la «franja móvil intermedia», lo que da lugar a la formación de potentes conglomerados cuyos materiales provenían fundamentalmente del Cretácico de esta franja.

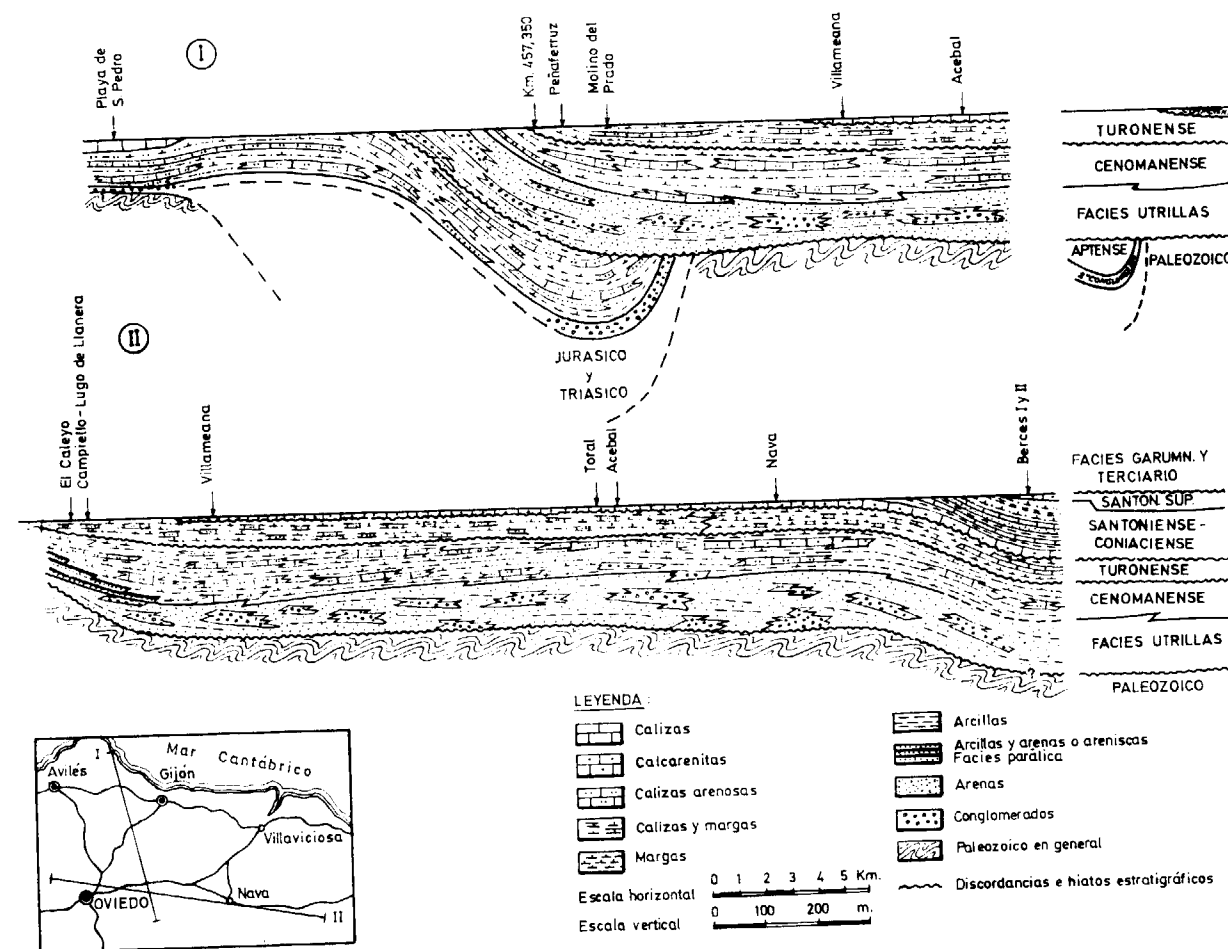


Fig. 9.—Cortes esquemáticos en la cuenca Cretácica.

hemos denominado facies Garumn y Terciario continental. La deposición de estos sedimentos tiene un carácter transgresivo o «extensivo», debiendo existir una interrupción en la sedimentación en el paso del Cretácico marino a los mismos. Esta interrupción en la sedimentación es posible que no sea muy importante en la zona Oriental (serie de Infiesto), aunque en otros lugares la laguna sedimentaria parece ser de cierta intensidad (alrededores de Oviedo). La subsi-

En la figura 9 se representan dos cortes esquemáticos de la cuenca Cretácica, en los que quedan resumidas algunas de las ideas expuestas.

NOTAS SOBRE LAS ESPECIES FÓSILES MÁS IMPORTANTES

En las páginas siguientes se da una breve descripción de las especies más frecuentes en el Cretácico asturiano, en la que de un modo resumido

se resaltan los principales caracteres específicos. Normalmente damos la referencia bibliográfica con la que hemos comparado nuestros ejemplares y que nos ha servido de base para la determinación.

FORAMINIFERIDA

La posición sistemática de los distintos géneros que describimos es la de Loeblich y Tappan (1964) (en Moore, 1964).

Familia *Hormosinidae*, Haeckel, 1894.

Género *Thomasinella*, Schlumberger 1893; emend. Omara, 1956.

Thomasinella punica Schlumberger, 1893. (Lám. 5, figs. 1-2).

1966, *Thomasinella punica* Schlumberger. Gohrbandt, Cenomanian foraminifera from Libya, Micropaleontology, vol. 12, núm. 1, pág. 66, lám. 1, figs. 6-10.

Se ha reconocido en las series de Nava y Peñaferruz en niveles correspondientes al Cenomanense inferior, es decir, en los mismos niveles que anteriormente hemos encontrado esta especie en el Norte de España (Ramírez, 1971). Según Gohrbandt (1966) las cinco especies conocidas de este género (una de ellas bajo la denominación genérica de *Bireophax*) corresponden al mismo tipo morfológico. La concha es de gran tamaño, arborescente, compuesta por cámaras de tipo cilíndrico, que en el adulto se disponen en doble serie, adoptando una disposición dicotómica. Las suturas son ligeramente deprimidas y la pared gruesamente aglutinada.

Familia *Lituolidae*, de Blainville, 1825.

Género *Haplophragmoides*, Cushman, 1910.

Haplophragmoides cenomana (Cuvillier y Szakal, 1949).

(Lám. 4, fig. 12; lám. 7, figs. 2, 4; lám. 9, fig. 1)

1949. *Daxia cenomana* nov. sp. Cuvillier y Szakal, Foraminifères d'Aquitaine, 1^{er} partie, pág. 8, lám. 2, figs. 4-6.

Especie muy frecuente en el Cenomanense de facies costera de la mayor parte de las secciones asturianas. Se ha reconocido en Campiello, Villameana, Lugo de Llanera, Peñaferruz, Nava y zona del Toral. En las formas microséricas observamos de 20 a 23 cámaras en la última vuelta, mientras que en las macroséricas este número oscila entre 17 y 20. Las suturas son un poco deprimidas y curvadas. La concha es planispiral e involuta con la pared finamente aglutinada con cemento calcáreo.

Género *Everticyclammina*, Redmond, 1964.

Everticyclammina greigi (Henson, 1948).

(Lám. 3, figs. 14-16; lám. 6, figs. 3-4).

1948. *Cyclamina greigi* Henson, Larger Imperforate Foram. SW Asia, pág. 13, lám. 13, figs. 9, 11; 15-17.

1967. *Everticyclammina greigi* (Henson). Hottinger, Foram. imperforés du Mésozoïque marocain, págs. 86-87, lám. 9, figs. 17-18

La concha es, en los ejemplares aislados por levigación, microgranular calcácea, muy finamente arenácea y de forma lenticular. Los bordes son algo redondeados y generalmente lobulados. Las suturas ligeramente curvadas y deprimidas. El número de cámaras por vuelta de 6 a 10 en las formas macroséricas y de 12 a 15 en las microséricas. La concha está dispuesta en una espiral plana, evoluta, con 3 vueltas en las formas macroséricas y 4 ó 5 en las microséricas. Abertura simple, como una ranura horizontal, situada en la cara apertural (interomarginal). El diámetro de la concha oscila entre 0,6 y 0,9 mm. y el espesor entre 0,3 y 0,4 mm.

Esta conocida especie es muy frecuente en todas las series estratigráficas del Aptense asturiano.

Género *Choffatella*, Schlumberger 1905.

Choffatella decipiens Schlumberger, 1905.

(Lám. 3, figs. 10-13; lám. 6, figs. 1, 2, 3 y 7)

1948. *Choffatella decipiens* Schlumberger. Henson, Larger Imperforate Foram. SW Asia, págs. 14-15, lám. 9, fig. 1.

LAMINA 1

1-32: Aptense

1-4: *Cytherella cf. parallela* (Reuss). Peñaferruz x 45.

5-7: *Cytherella ovata* (Roemer). Peñaferruz x 45.

8-9: *Bairdia* sp. 302 Oertli. Peñaferruz x 45.

10-12: *Paracypris cf. jonesi* Bonnema. Playa de San Pedro (Antromero) x 55.

13-19: *Cythereis büchlerae* Oertli. Peñaferruz x 45.

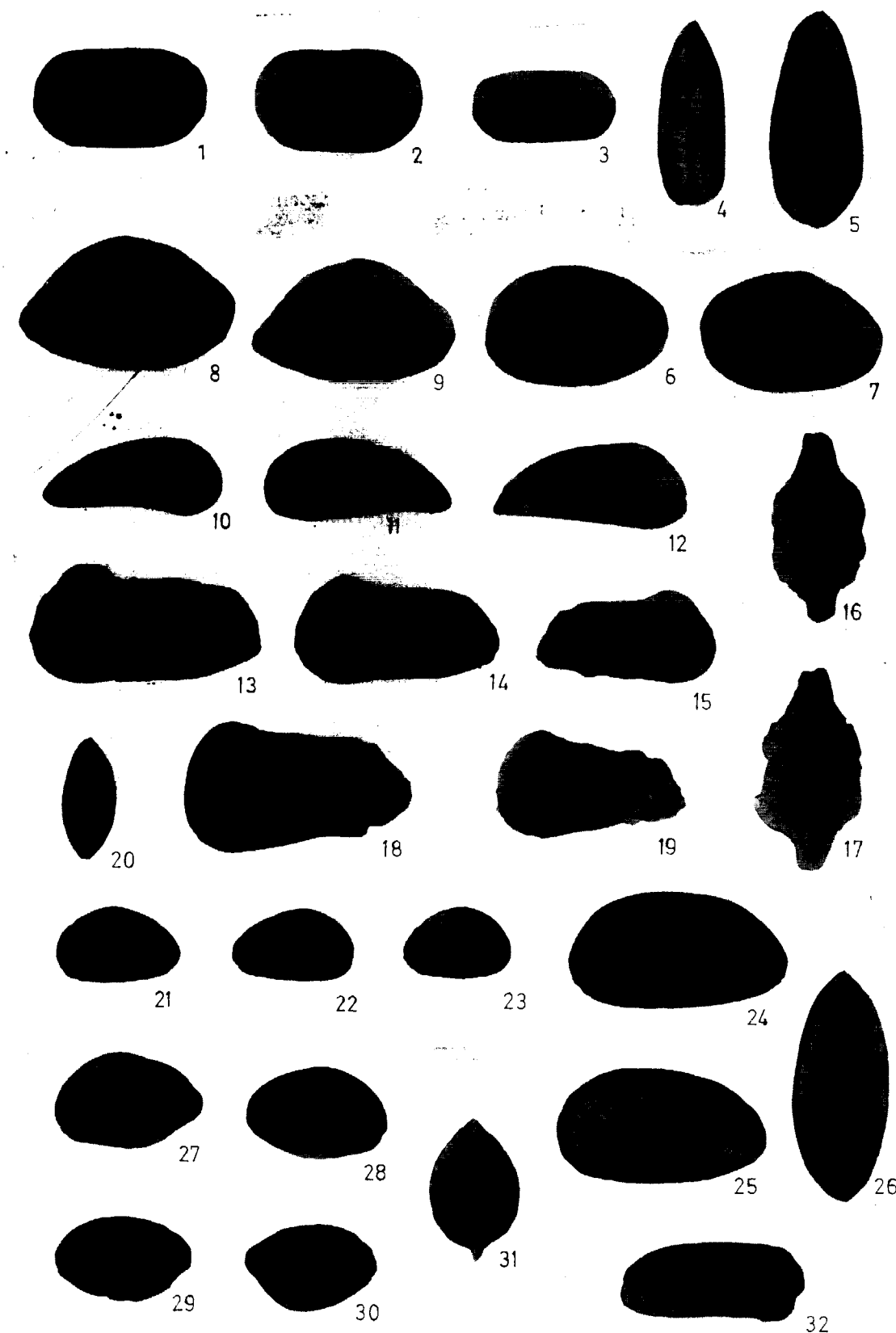
20-23: *Clithrocytheridea* aff. *brevis* (Corneul). Playa de San Pedro (Antromero) x 55.

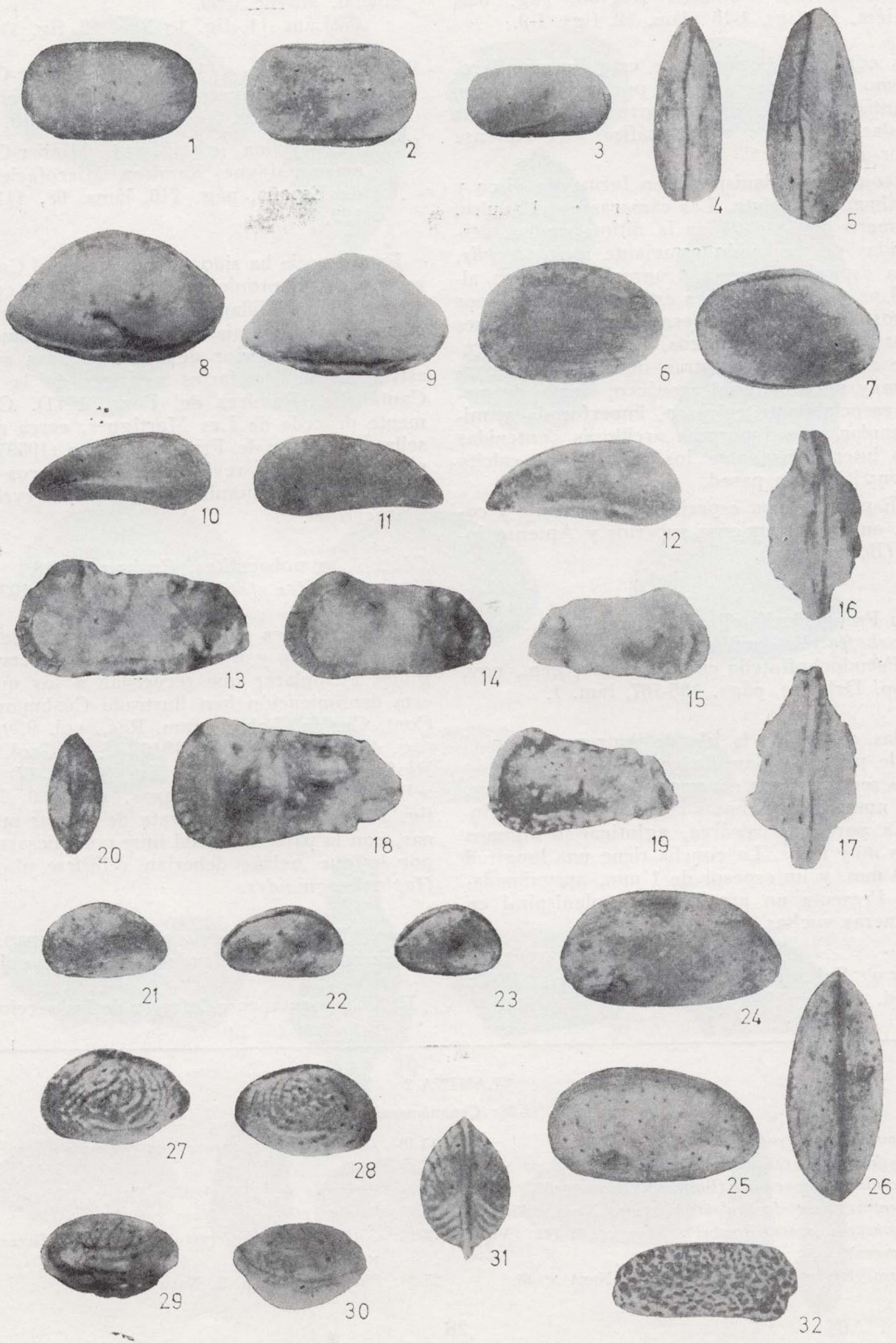
24-26: *Dolocytheridea intermedia* Oertli. Playa de San Pedro (Antromero) x 55.

27-31: *Neocythere mertensi* Oertli. Peñaferruz x 50.

32: *Platycythereis* sp. 1. Playa de San Pedro (Antromero) x 50.

LAMINA 1





1949. *Choffatella decipiens* Schlumberger. Maync, *Choffatella Caribbean Region*, pág. 529, lám. 11, figs. 1-15; lám. 12, figs. 1-9.

Los cortes o secciones de este Foraminífero, así como ejemplares aislados por levigación, son frequentísimos en la mayor parte de las muestras de todas las series estratigráficas del Aptense inferior asturiano.

La concha es planispiral, en forma de disco y generalmente involuta. Las cámaras en el adulto, en número de 18 a 25 en la última vuelta, desarrolladas de un modo semejante a *Peneroplis*, en una espiral que crece progresivamente en altura. Los últimos tabiques están atravesados por numerosos canales transversales. Estos tabiques o septas no son laberínticos. Las láminas delgadas de esta especie muestran que la concha contiene muy poco material arenáceo, siendo de material esencialmente calcáreo, imperforada y microgranular, con impurezas arcillosas contenidas en los intersticios entre los cristales de calcita que constituyen la pared.

En España es una especie muy frecuente y conocida en el Barremiense superior y Aptense inferior (Bedouliense).

Género *Pseudochoffatella*, Deloffre, 1961.

Pseudochoffatella cuvillieri Deloffre, 1961.

1961. *Pseudochoffatella cuvillieri*, nov. gen., nov. sp. Deloffre, págs. 105-107, lám. 1.

En las calizas de la isla de Antromero, en el corte de playa de San Pedro, se han observado algunas secciones que corresponden a esta especie. Tienen numerosas cámaras con el interior laberíntico. La pared es calcárea, aglutinando algunos cuarzos muy finos. La concha tiene una longitud de 7-13 mm. y un espesor de 1 mm. aproximadamente. Presenta un arrollamiento planispiral en las primeras vueltas.

Género *Spirocyclina*, Munier-Chalmas 1887; emend. Maync 1959.

Spirocyclina choffati Munier-Chalmas, 1887; emend. Maync 1959.

(Lám. 11, fig. 1; lám. 12, fig. 1)

1959, *Spirocyclina choffati* Munier-Chalmas, emend. Maync. Maync, *Spirocyclina and Iberina*, pág. 38, lám. 1, figs. 1-10.

1971, *Spirocyclina choffati* Munier-Chalmas, emend. Maync. Ramírez, *Microfacies Norte de España*, pág. 240, láms. 98, 111, 116 y 122.

Esta especie ha sido reconocida en el Coniaciense superior-Santonense inferior de los cortes de Bierces II y Villameana. Es también muy frecuente en estos mismos niveles, así como en el Santonense superior de casi todas las secciones estratigráficas de facies neríticas de la Cuenca Cantábrica (Ramírez del Pozo, 1971). Originalmente procede de Les Martigues, cerca de Marsella, en el Sur de Francia. Maync (1959) ha llevado a cabo una revisión de los géneros *Iberina* (actualmente denominado *Anchispirocyclina*) y *Spirocyclina*.

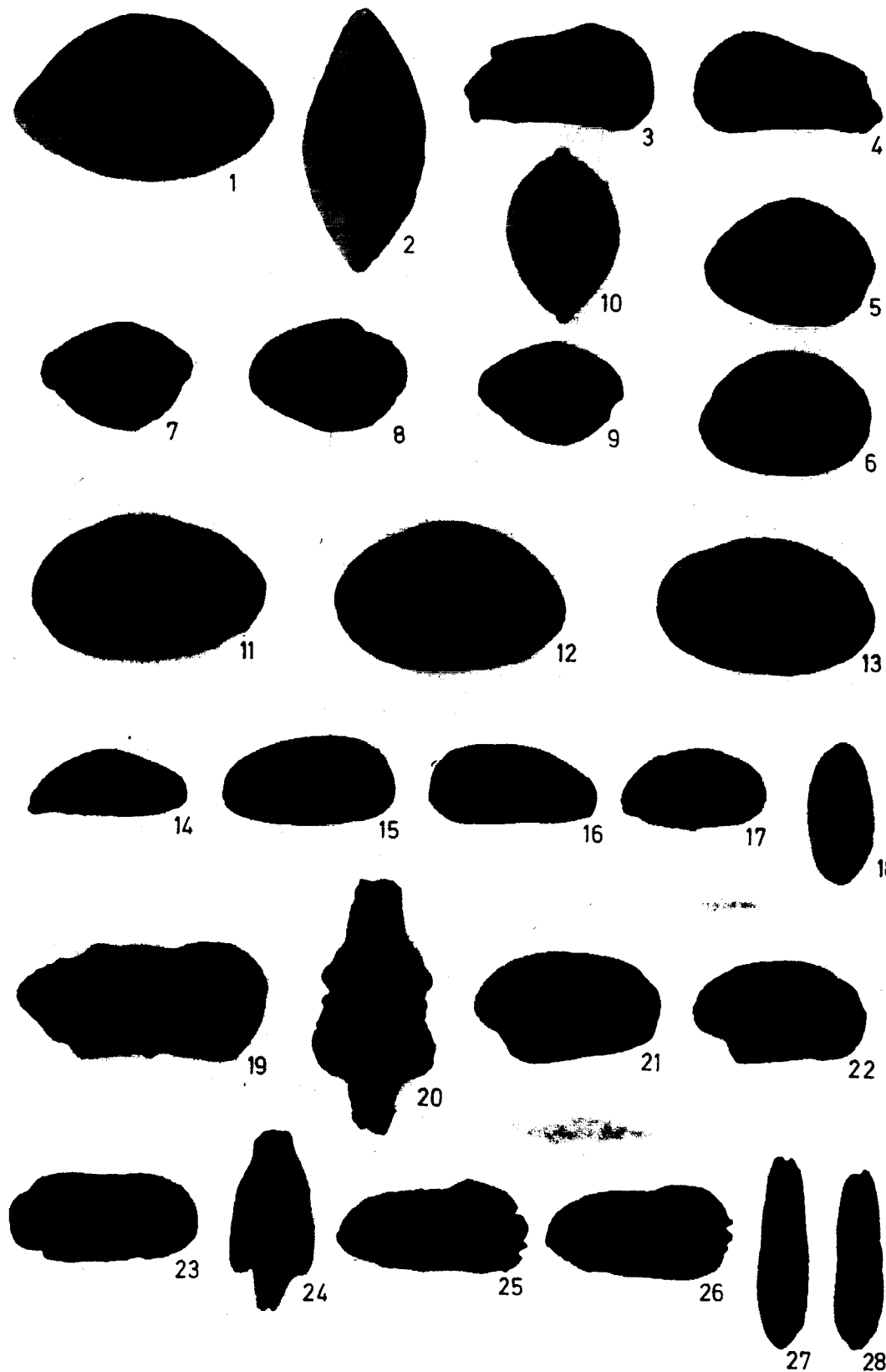
Género *Ammobaculites*, Cushman 1910.

Ammobaculites stephensoni Cushman, 1933.

En los niveles margosos del Turonense de los cortes de Nava y Bierces II hemos observado algunos ejemplares que recuerdan a los que bajo esta denominación han ilustrado Cushman (1933, *Cont. Cushman Lab. Foramin. Res.*, vol. 9, núm. 3, pág. 49, lám. 5, fig. 2; 1946, *U. S. Geol. Surv.*, Prof. Paper 206, pág. 24, lám. 3, fig. 17) y Frizzell (1954, *Cretaceous Texas*, pág. 66, lám. 2, fig. 26). En realidad se trata de formas muy planas, con la parte uniserial muy poco desarrollada, por lo que quizás deberían referirse al género *Haplophragmoides*.

Género *Buccicrenata*, Loeblich y Tappan, 1949. *Buccicrenata subgoodlandensis* (Vanderpool, 1933)

En el Cenomanense inferior de las secciones de



LAMINA 2

1-28: Cenomanense

1-2: *Bairdia* sp. Nava x 45.

3-4: *Cythereis* aff. *reticulata* (Jones e Hinde). Nava x 45.

5-6: *Schuleridea jonsiana* (Bosquet). Nava x 50.

7-10: *Centrocythere denticulata* Mertens. Nava x 45.

11-13: *Cytherella ovata* (Roemer). Nava x 48 (12: Vista interna).

14: *Paracypris* sp. 1 Grekoff y Deroo. Nava x 45.

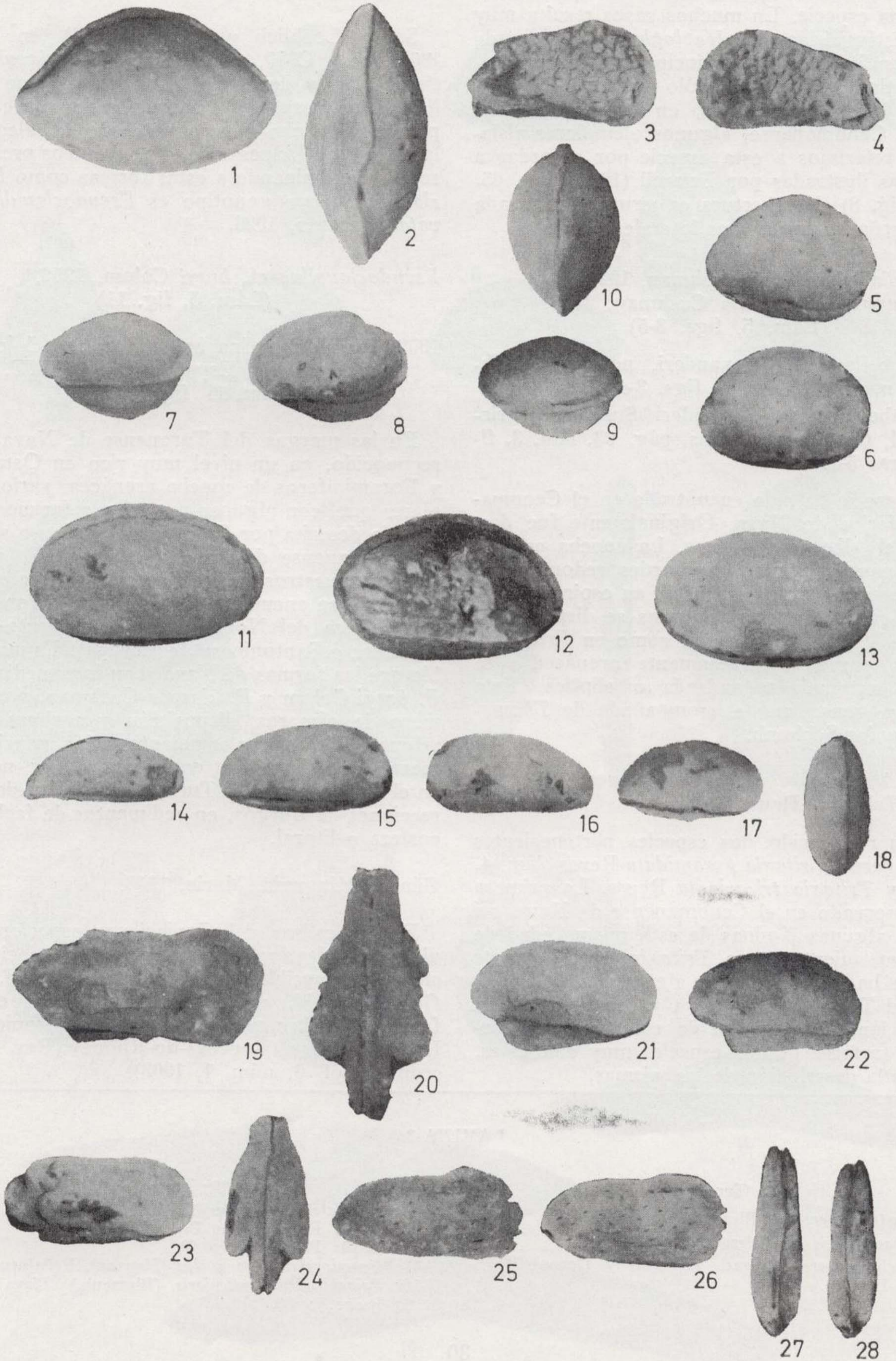
15-18: *Dolocytheridea bosquetiana* Jones e Hinde. Nava x 45.

19-20: *Cythereis* sp. 1 Grekoff y Deroo. Nava x 45.

21-22: *Pterigocythere* sp. Nava x 45.

23-24: *Cythereis* cf. *picofrentensis* Grekoff y Deroo. Nava x 48.

25-28: *Platycythereis* sp. 2. Nava x 40.



El Caleyó, Campiello, Villameana y Peñaferruz hemos reconocido algunas secciones que referimos a esta especie. En muchos casos resulta muy difícil distinguirlas de *Haplophragmium* y de *Ammobaculites*, pues la principal diferencia reside en el tipo de abertura. Sólo en la serie de Peñaferruz hemos reconocido, en las arcillas más bajas del Cenomanense, algunos ejemplares aislados que referimos a esta especie por recordar a las formas ilustradas por Frizzell (1954, pág. 65, lám. 4, fig. 8). La abertura es terminal, alargada con pequeñas proyecciones laterales dentadas.

Género *Flabellamina*, Cushman, 1928.
Flabellamina alexanderi Cushman, 1928.
(Lám. 5, figs. 3-5)

1928, *Flabellamina alexanderi*, nov. sp. Cushman, pág. 1, lám. 1, figs. 3-4.

1954, *Flabellamina alexanderi* Cushman. Frizzell, Cretaceous Texas, pág. 63, lám. 3, figuras 5-7.

Esta especie ha sido encontrada en el Cenomanense inferior de Nava. Originalmente fue descrita en el Albense de Texas. La concha es comprimida con la periferia o bordes redondeados, las primeras cámaras dispuestas en espiral, mientras que en el adulto las cámaras se disponen en forma de V abierta, es decir, como en *Frondicularia*. La pared es gruesamente arenácea y la abertura terminal, redondeada o elíptica. Esta especie va generalmente acompañada de *Thomassinella punica* Schlumb.

Familia *Atax ophragmiidae*, Schwager, 1877.
Género *Tritaxia*, Reuss, 1860.

Se han reconocido dos especies pertenecientes a este género: *Tritaxia pyramidata* Reuss (lám. 4, fig. 13) y *Tritaxia tricarinata* Reuss. La primera se ha observado en el Cenomanense de Nava, así como en algunas láminas de esta misma edad de El Caleyó, mientras que *Tritaxia cf. tricarinata* Reuss se ha encontrado en algunas láminas delgadas del Turonense de Nava y Bierces II, y en el Coniaciense-Santoniense de estos mismos cortes. Por tratarse de dos especies muy conocidas, omitimos la descripción de las mismas.

Género *Pseudoclavulina*, Cushman 1936.

Según Loeblich y Tappan (1964) (en Moore, 1964), pág. C279, el género *Pseudoclavulina* no tiene valor y debe ser denominado como *Clavulina* D'Orbigny 1826, aunque indican que la dispersión de dicho género va desde el Paleoceno a la actualidad. A pesar de ello, nosotros preferimos seguir denominando a estas formas como *Pseudoclavulina*, cuyo genotipo es *Pseudoclavulina clavata* Cushman, 1926.

Pseudoclavulina cf. brayi Colom, 1952.
(Lám. 5, fig. 11)

1952, *Pseudoclavulina brayi*, nov. sp. Colom, Secundario de España, Bol. IGME, t. 64, pág. 296, lám. 11, figs. 1-32.

En las margas del Turonense de Nava hemos reconocido, en un nivel muy rico en Ostrácodos y Foraminíferos de concha arenácea, varios ejemplares que, con algunas reservas, referimos a esta especie descrita por Colom en el Albense superior y Cenomanense de Barcones (Soria). Se parecen también nuestros ejemplares a *P. clavata* Cushman, que se encuentran en la «Austin formation» de América del Norte (aproximadamente el Coniaciense o Santoniense de Europa). Es muy posible que las formas de Nava sean intermedias entre *P. brayi* Colom y *P. clavata* Cushman, por el número de cámaras, disposición y anchura de las mismas. Ejemplares semejantes a los mencionados fueron anteriormente encontrados por nosotros en el Cenomanense y Turonense inferior de varias secciones de Burgos, en sedimentos de facies muy costera o litoral.

Género *Minouxia*, Marie, 1955.

En las calizas del Coniaciense superior-Santoniense de Nava y Bierces, hemos reconocido secciones que posiblemente corresponden a *M. lobata* Gendrot y *M. conica* Gendrot. Ambas especies fueron descritas por su autor del Santoniense de Les Martigues (Bouches-du-Rhône) (Rev. de Micropal., vol. 6, núm. 1, 1963).

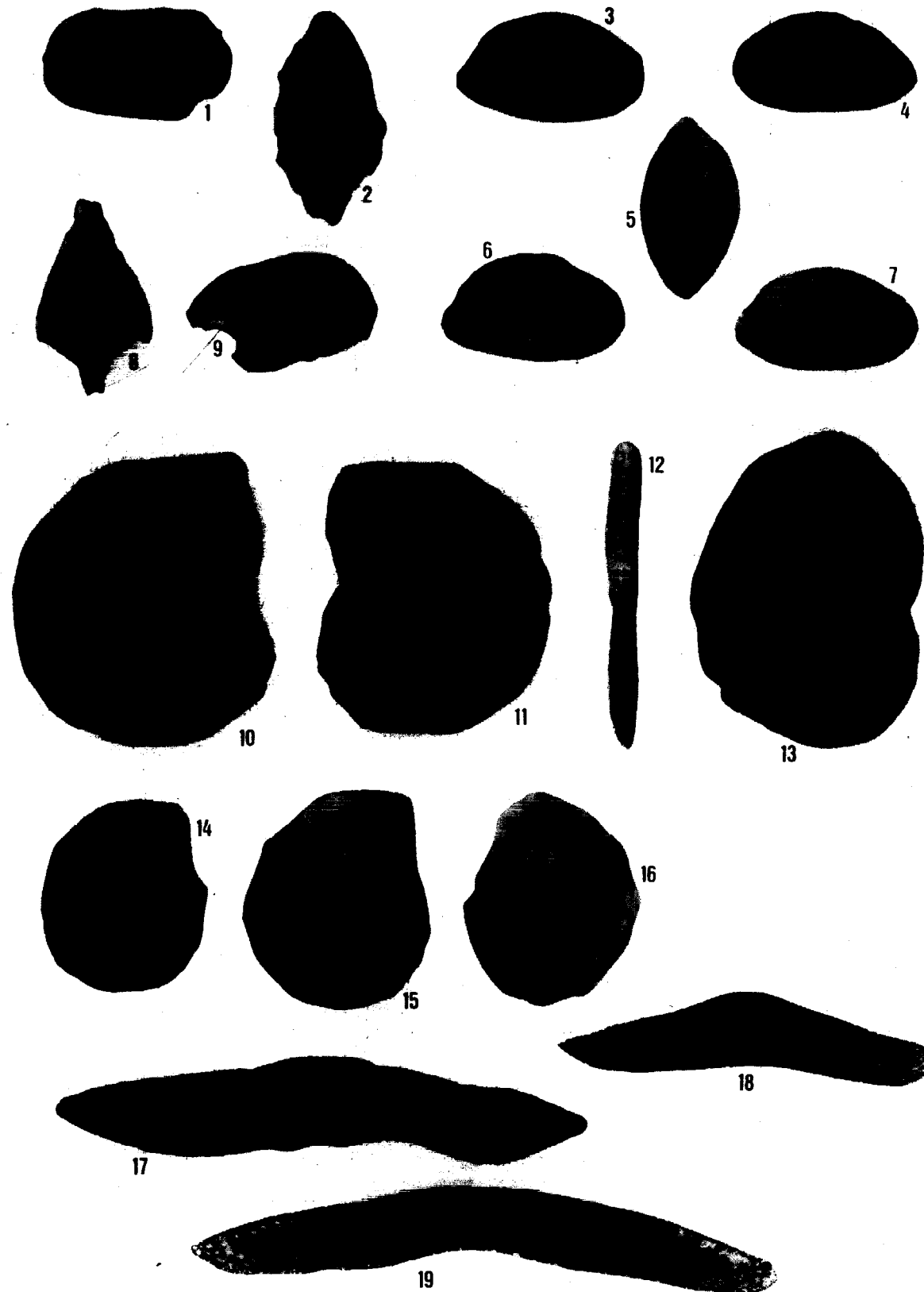
LAMINA 3

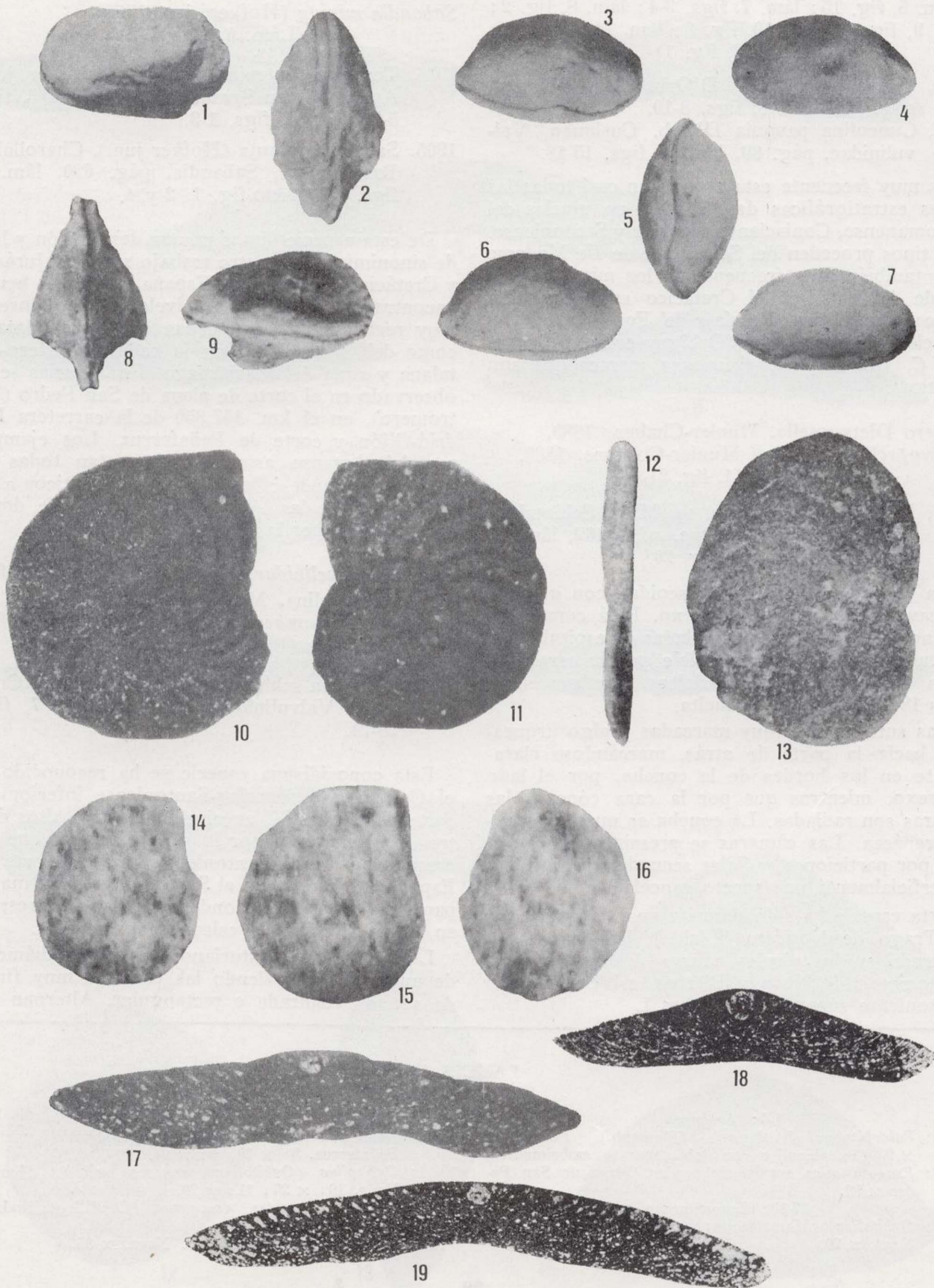
1-9: Turonense

- 1-2: *Quadracythere* sp. Bierces II × 45.
- 3-7: *Paracyprideis* sp. Bierces II × 42.
- 8-9: *Pterigocythere allinensis* (Grekoff y Deroo). Bierces II × 40.

10-19: Aptense

- 10-13: *Choffatella decipiens* Schlumb.
- 10-11: Playa de San Pedro. × 25.
- 12-13: Peñaferruz. × 20.
- 14-16: *Everticyclammina greigi* (Henson). Peñaferruz × 45.
- 17-19: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.). Playa de San Pedro. × 30.





Género *Cuneolina*, D'Orbigny, 1839.
Cuneolina pavonia D'Orbigny, 1846.
 (Lám. 5, fig. 15; lám. 7, figs. 3-4; lám. 8, fig. 2;
 lám. 9, fig. 1; lám. 10, fig. 3; lám. 11, figs. 1-2;
 lám. 12, fig. 1)

1899, *Cuneolina conica* D'Orb. Schlumberger,
 pág. 461, lám. 8, figs. 8-10.

1937, *Cuneolina pavonia* D'Orb. Cushman, Val-
 vulinidae, pág. 69, lám. 7, figs. 15-18.

Es muy frecuente esta especie en casi todas las series estratigráficas de Asturias, en niveles del Cenomanense, Coniaciense superior y Santoniense. Los tipos proceden del Senonense de Ile Madame y es también muy frecuente en los mismos niveles de Asturias, en el Cretácico superior de la Cuenca Cantábrica (Ramírez del Pozo, 1971). Las especies descritas por D'Orbigny como *C. pavonia*, *C. conica* y *C. fleuriansa*, parece que son idénticas.

Género *Dictyopsella*, Munier-Chalmas 1889.
Dictyopsella cf. *kiliani* Munier-Chalmas, 1889.
 (Lám. 11, fig. 2)

1899, *Dictyopsella kiliani* n. sp. M. C. Schlumberger, Crétacé d'Espagne, pág. 462, lám. 8, figs. 5, 7; lám. 11, fig. 20.

La concha es de forma discooidal, con un lado cóncavo y con el otro convexo. Está compuesta por numerosas cámaras enrolladas en espiral. Esta espira es completamente visible por la cara convexa de los ejemplares adultos, que presentan unas 18-20 cámaras por vuelta.

Las suturas son muy marcadas y algo arqueadas hacia la parte de atrás, marcándose claramente en los bordes de la concha, por el lado convexo, mientras que por la cara cóncava las suturas son radiadas. La concha es muy finamente arenácea. Las cámaras se presentan subdivididas por particiones radiales secundarias, que dan superficialmente un aspecto cancelado.

Esta especie ha sido descrita en el Santoniense de Trago de Noguera (Lérida), habiéndose encontrado en los niveles calizos del Coniaciense-Santoniense de Nava y Bierces, así como en el Santoniense superior de Bierces I.

Familia *Pavonitinae*, Loeblich y Tappan, 1961.
 Género *Sabaudia*, Charollais y Bronnimann, 1965.
Sabaudia minuta (Hofker, jun. 1965).
 (Lám. 6, figs. 3-5)

1965, *Textulariella minuta*, n. sp. Hofker jun., Aptian-Albian Spain, pág. 186, lám. 3, figs. 5-7; lám. 4, figs. 1-9.

1965, *Sabaudia minuta* (Hofker jun.). Charollais y Bronnimann, *Sabaudia*, pág. 620, lám. 1, figs. 1-7, texto-fig. 1, 2 y 4.

De esta especie dimos ya una descripción y lista de sinonimias en nuestro trabajo sobre el Jurásico y Cretácico del Norte de España (1971). La hemos encontrado en todos los niveles del Aptense y, muy recientemente, en capas que deben datarse como del Barremiense en la cadena Costero-Catalana y zona del Maestrazgo. En Asturias se ha observado en el corte de playa de San Pedro (Antromero), en el km. 457,350 de la carretera Madrid-Gijón y corte de Peñaferruz. Los ejemplares del Aptense asturiano presentan todas las características de la especie y son idénticos a los del puerto de las Alisas (Santander), de donde describió Hofker la especie.

Familia *Dicyclinidae*, Loeblich y Tappan, 1964.
 Género *Dicyclina*, Munier-Chalmas, 1887.
Dicyclina schlumbergeri Munier-Chalmas, 1887.
 (Lám. 11, fig. 1)

1937, *Dicyclina schlumbergeri* Mun.-Chalm. Cushman, Valvulinidae, pág. 71, lám. 7, figs. 23-24.

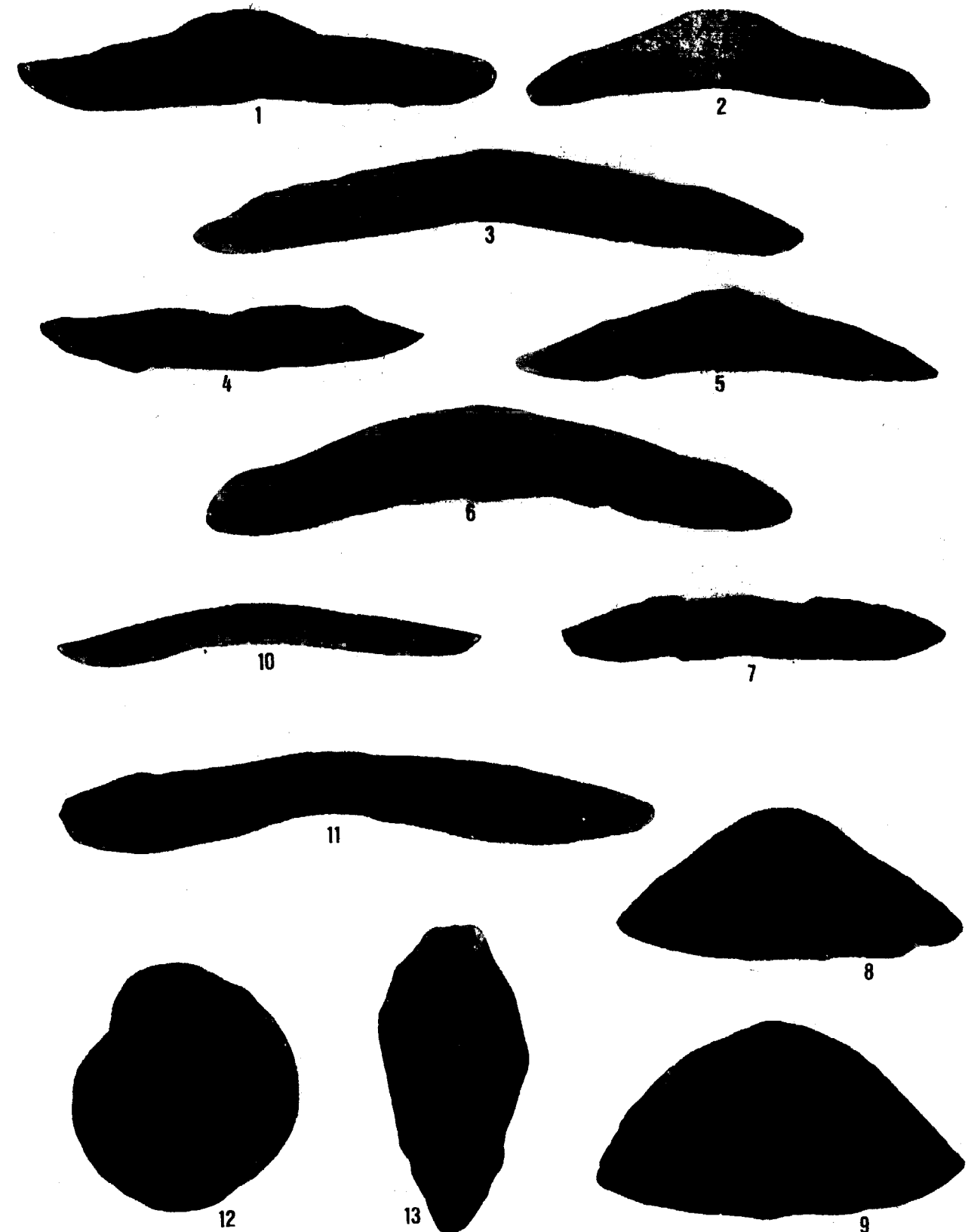
Esta conocidísima especie se ha reconocido en el Coniaciense superior-Santoniense inferior del corte de Bierces II, en niveles bastante altos dentro de este tramo, por lo que es posible que correspondan ya al Santoniense. En el Norte de España se observó en el Santoniense de la mayor parte de los cortes, donde este piso se presenta en facies de calizas o calcarenitas neríticas.

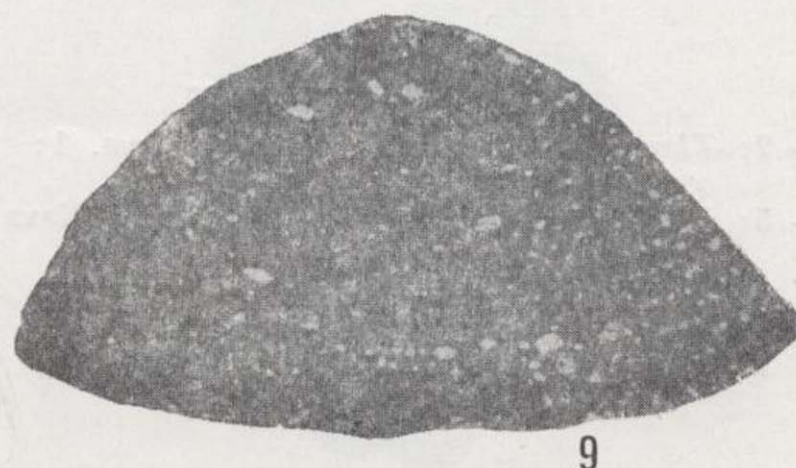
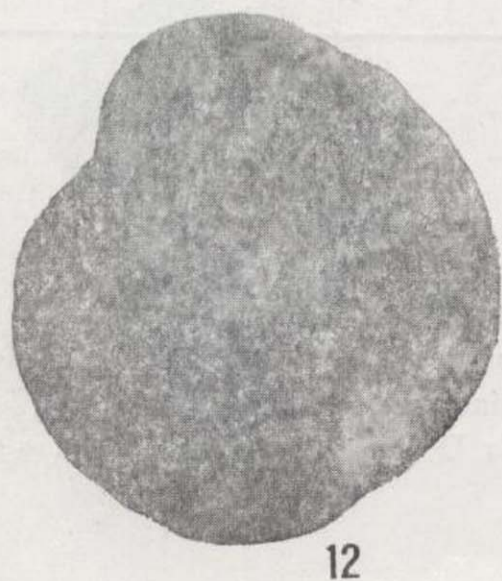
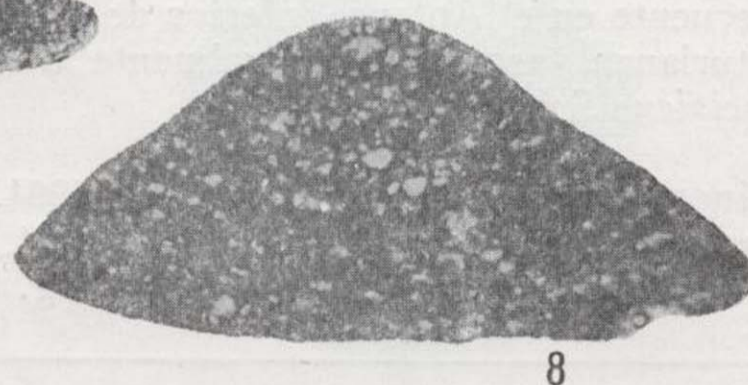
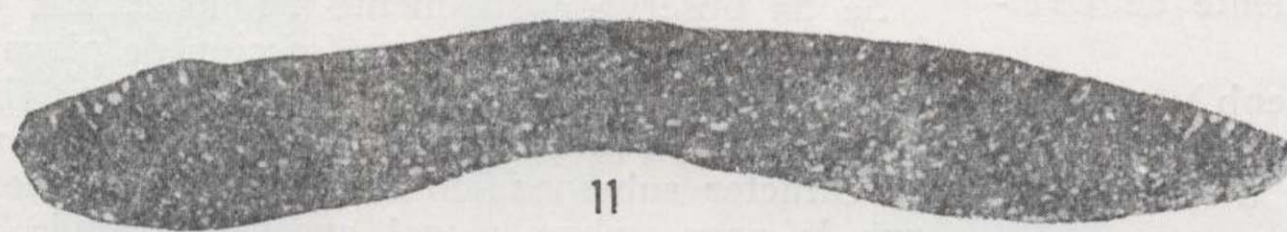
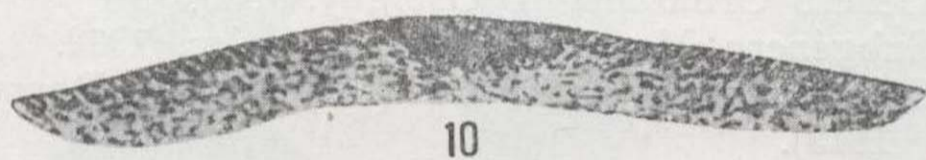
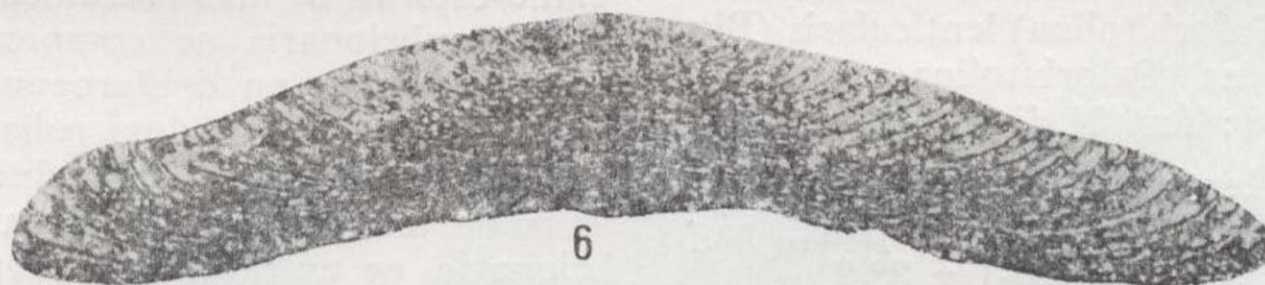
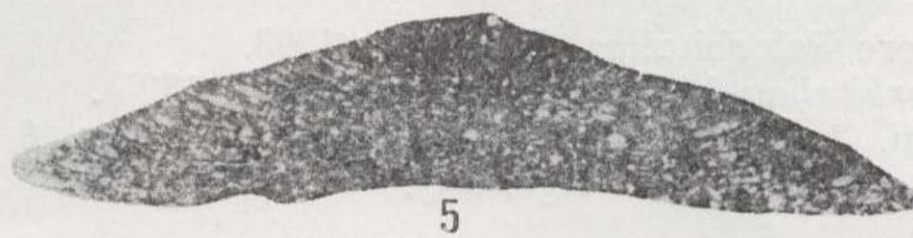
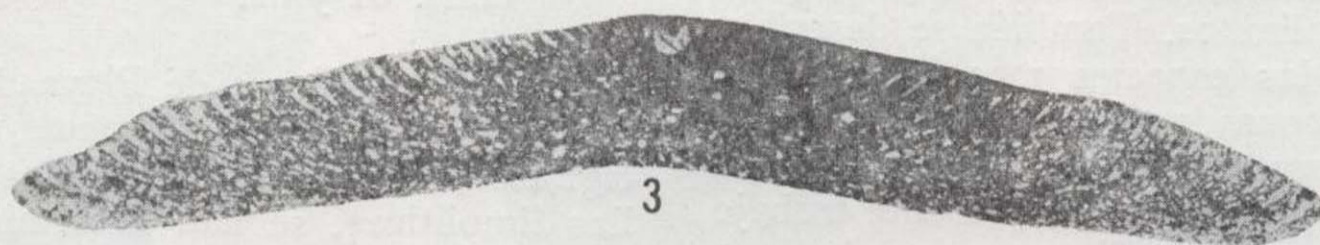
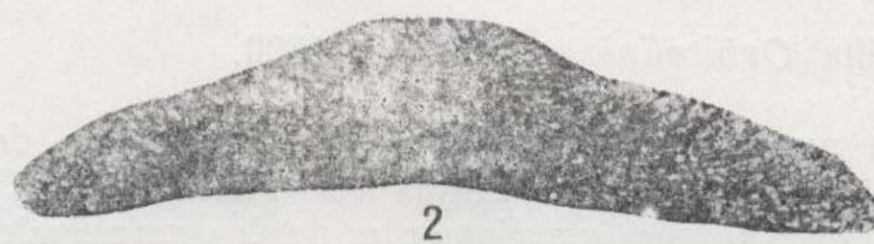
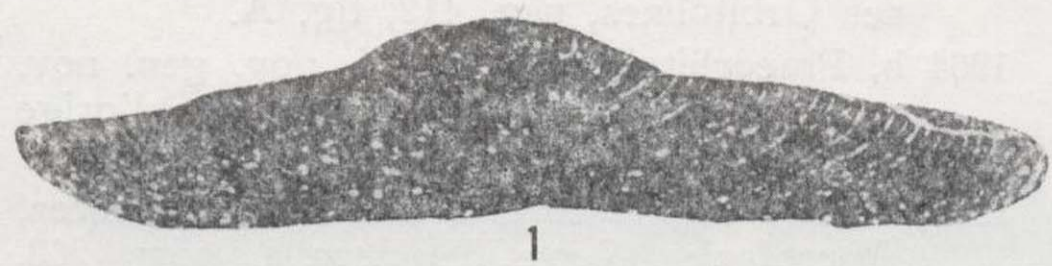
Los ejemplares asturianos tienen un diámetro de unos 30 mm., siendo las cámaras muy finas, de sección cuadrada o rectangular. Alternan dos

LAMINA 4

1-6: Aptense
 1-4: *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.). Peñaferruz x 25 (4: ejemplar con doble aparato embrionario).
 5-6: *Præorbitolina cormyi* Schroeder. Playa de San Pedro x 30.
 7-13: Cenomanense
 7: *Orbitolina (Mesorbitolina) texana aperta* (Erman) Nava. x 20.

8-9: *Orbitolina (Orbitolina) concava concava* (Lamarck). Peñaferruz. 8: x 30; 9: x 24.
 10-11: *Orbitolina (Orbitolina) concava gatarica* Henson. Nava. 10: x 25; 11: x 20.
 12: *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szakall). Nava. x 40.
 13: *Tritaxia pyramidata* Reuss. Nava. x 35.





series de cámaras anulares, existiendo otra serie interior con estructura laberíntica.

Familia *Orbitolinidae*, Martín, 1890.

En nuestro trabajo sobre las microfácies del Norte de España, ya tantas veces citado (1971), nos ocupábamos ampliamente de los principales caracteres estructurales, taxonómicos y filogenéticos de los Orbitolínidos. También se describían en dicho trabajo las especies más importantes, dándose para cada una de ellas la sinonimia y los principales caracteres específicos. Por ello renunciamos a dar estos detalles en el presente trabajo, remitiendo al lector al estudio mencionado.

Género *Palorbitolina*, Schroeder 1963.
Palorbitolina lenticularis (Blumenbach, 1805).
(Lám. 3, figs. 17-19; lám. 4, figs. 1-4; lám. 6, figs. 6-7).

1963 b, *Orbitolina* (*Palorbitolina*) *lenticularis* (Blumenb.) Schroeder, *Palorbitolina*, pág. 349, lám. 23, figs. 1-9; lám. 24, figs. 1-10 y gráf. 1.

1971, *Palorbitolina lenticularis* (Blumenb.), Ramírez, *Microfacies Norte de España*, pág. 259, láms. 31, 32, 33-2, 35-1 y 38-2.

Caracterizada por presentar una cámara embrional o «proloculus» que tiene en la parte superior una zona supraembrional perfectamente desarrollada, faltando, en cambio, la zona subembrional. Sin embargo presenta un anillo periembrional que rodea al «proloculus». Tiene, por lo tanto, un aparato embrionario muy simple. Por la falta de la zona subembrional hay que considerar a *Palorbitolina* como un género independiente de *Orbitolina*.

Palorbitolina lenticularis (Blumenb.) es muy frecuente en el Aptense inferior de todas las series asturianas, asociada generalmente a *Choffatella decipiens* Schlumb.

Género *Praeorbitolina*, Schroeder 1964.
Praeorbitolina cormyi Schroeder, 1964.
(Lám. 4, figs. 5-6; lám. 6, fig. 5)

1964 b, *Praeorbitolina cormyi*, nov. gen. nov. sp., Schroeder, *Communication sur l'origine des Orbitolines*, pág. 412, fig. A.

1964 b, *Praeorbitolina wienandsi*, nov. gen. nov. sp., Schroeder, *Communication sur l'origine des Orbitolines*, pág. 412, fig. B.

1971, *Praeorbitolina cormyi* Schroeder. Ramírez, *Microfacies Norte de España*, pág. 263, láms. 31 y 32.

En el Bedouliense de Playa de San Pedro (Antromero) y hacia la parte media de la sección estratigráfica, donde alternan calizas arenosas y arcillas limolíticas, se han determinado algunos cortes que pertenecen a esta especie. En nuestro trabajo sobre las microfácies del Norte de España (1971) indicábamos que *P. cormyi* Schroeder y *P. wienandsi* Schroeder eran la misma especie, o a lo sumo, la segunda una subespecie o variedad de la primera. La parte inicial de la concha es plano-espiral o más raramente trocospiral. La parte embrionaria se compone de protoconcha, sin subdivisión en deuterconcha, con una zona subembrional poco desarrollada. Falta la zona supraembrional y la subembrional está desarrollada de un modo insignificante. El aparato embrionario es extraordinariamente pequeño (lámina 4, figs. 5-6).

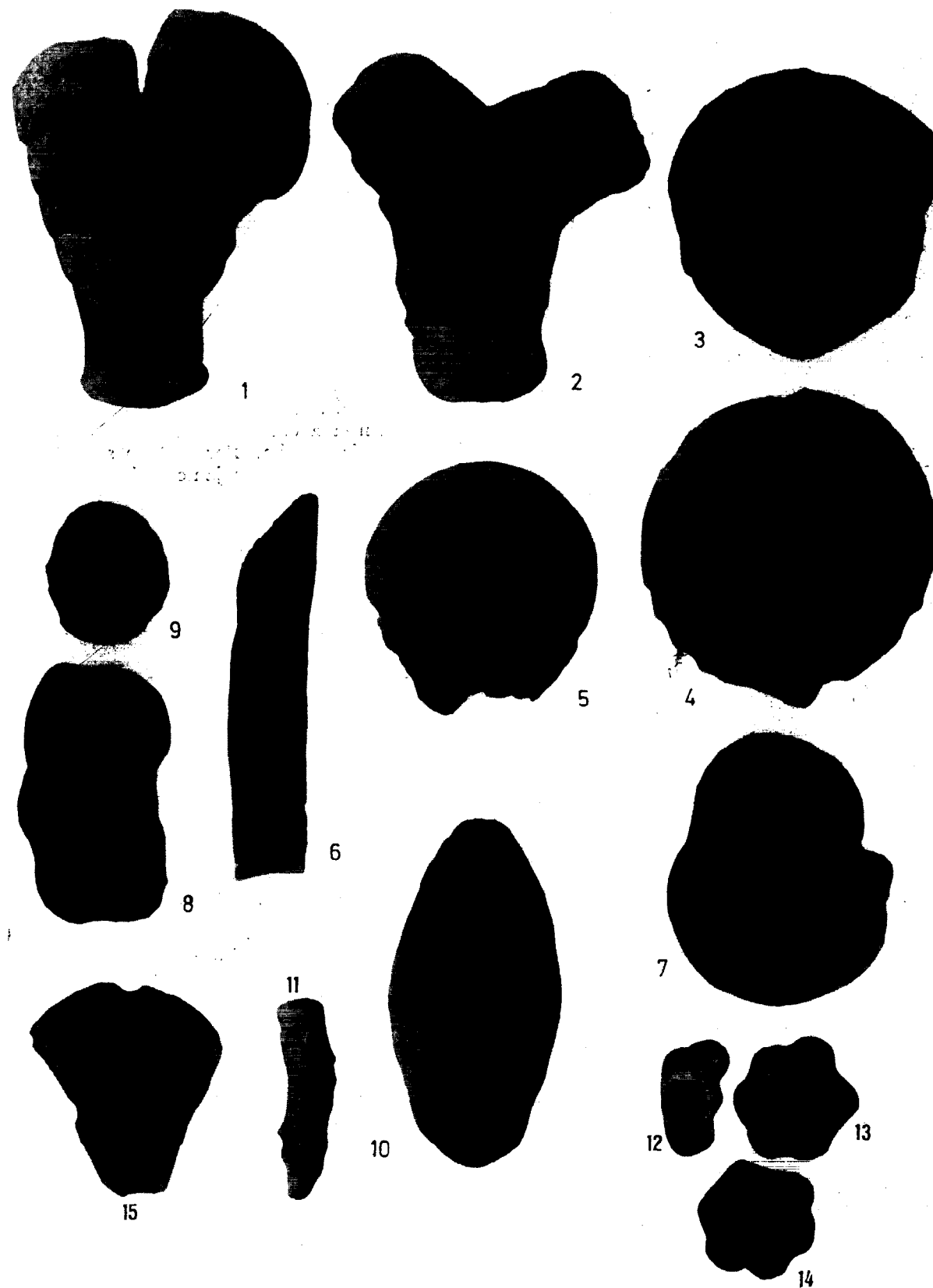
Género *Orbitolina*, D'Orbigny, 1850.
Subgénero *Mesorbitolina*, Schroeder, 1962.
Subgenotipo: *Orbitolina (M.) texana* (Roemer, 1849).
Orbitolina (Mesorbitolina) texana parva Douglass, 1960.

Se ha observado solamente en las calizas que forman la isla de Antromero (sección de playa de San Pedro). Tiene el aparato embrionario bien desarrollado, con las zonas supra y subembrional. El carácter subespecífico reside en el detalle de que la zona subembrional aparece dividida por algunas particiones o tabiques, que generalmente no son más de 5. Este es el único carácter que la distingue de *Orbitolina (M.) texana texana* (Roemer).

LAMINA 5

- 1-6: Cenomanense
- 1-2: *Thomasinella punica* Schlumb. Nava. 1: x 15; 2: x 20.
- 3-5: *Flabellamina alexanderi* Cushman. Nava. 3: x 15; 4-5: x 18.
- 6: *Marginulina* sp. Nava x 35.
- 7-14: Turonense
- 7: *Ammovertella* sp. Bierces II x 15.

- 8-9: *Haplophragmium* sp. Bierces II x 12.
- 10: *Palmula* sp. Bierces II x 45.
- 11: *Pseudoclavulina* cf. *brayi* Colom. Nava x 35.
- 12-14: *Hedbergella paradubia* (Sigal). Bierces II x 40.
- 15: Coniaciense-Santoniense
- 15: *Cuncolina pavonia* D'Orb. Bierces II x 20.





Orbitolina (Mesorbitolina) texana texana (Roemer, 1849).

También en las calizas que afloran en la isla de Antromero, se encuentran algunos cortes de Orbitolinidos que referimos a esta especie de Douglass (1960 b) y que en nuestro citado trabajo sobre las microfácies damos las sinonimias, agrupándose dentro de la misma, una serie de especies descritas por Douglas como nuevas, en Nuevo México, tales como *O. minuta*, *O. pervia*, *O. gracilis*, *O. crassa* y *O. grossa*. La única diferencia con la subespecie *O. (M.) texana parva* estriba en que en un corte horizontal, a la altura de la zona subembrional, ésta aparece dividida por un número muy considerable de tabiques (de 8 a 12).

Orbitolina (Mesorbitolina) texana aperta (Erman, 1854).

(Lám. 4, fig. 7)

Esta subespecie ha sido solamente observada en el Cenomanense más inferior de Nava. El aparato embrionario es de gran tamaño, no presentando cámaras por debajo de la zona subembrional. Aunque los ejemplares microséricos suelen ser de gran tamaño (hasta 58 mm.) los que hemos reconocido en Nava son muy pequeños (unos 3,5 milímetros de diámetro).

Subgénero *Orbitolina*, Schroeder 1962.

Subgenotipo: *Orbitolina (Orbitolina) concava* (Lamarck, 1816).

Orbitolina (Orbitolina) concava concava (Lamarck, 1816).

(Lám. 4, figs. 8-9, lám. 7, fig. 5; lám. 9, fig. 2)

Presenta la zona supraembrional mucho más desarrollada que la subembrional, con la zona prerradial no recta, formando un ángulo de cerca de 90°. El «proloculus» tiene generalmente forma oval, siendo el carácter esencial de la subespecie, la forma rectangular de los cortes de los pasos de cámara en el área de la zona radial. Es muy frecuente en el Cenomanense inferior de la mayor parte de las series estratigráficas asturianas.

Orbitolina (Orbitolina) concava qatarica (Henson, 1948).

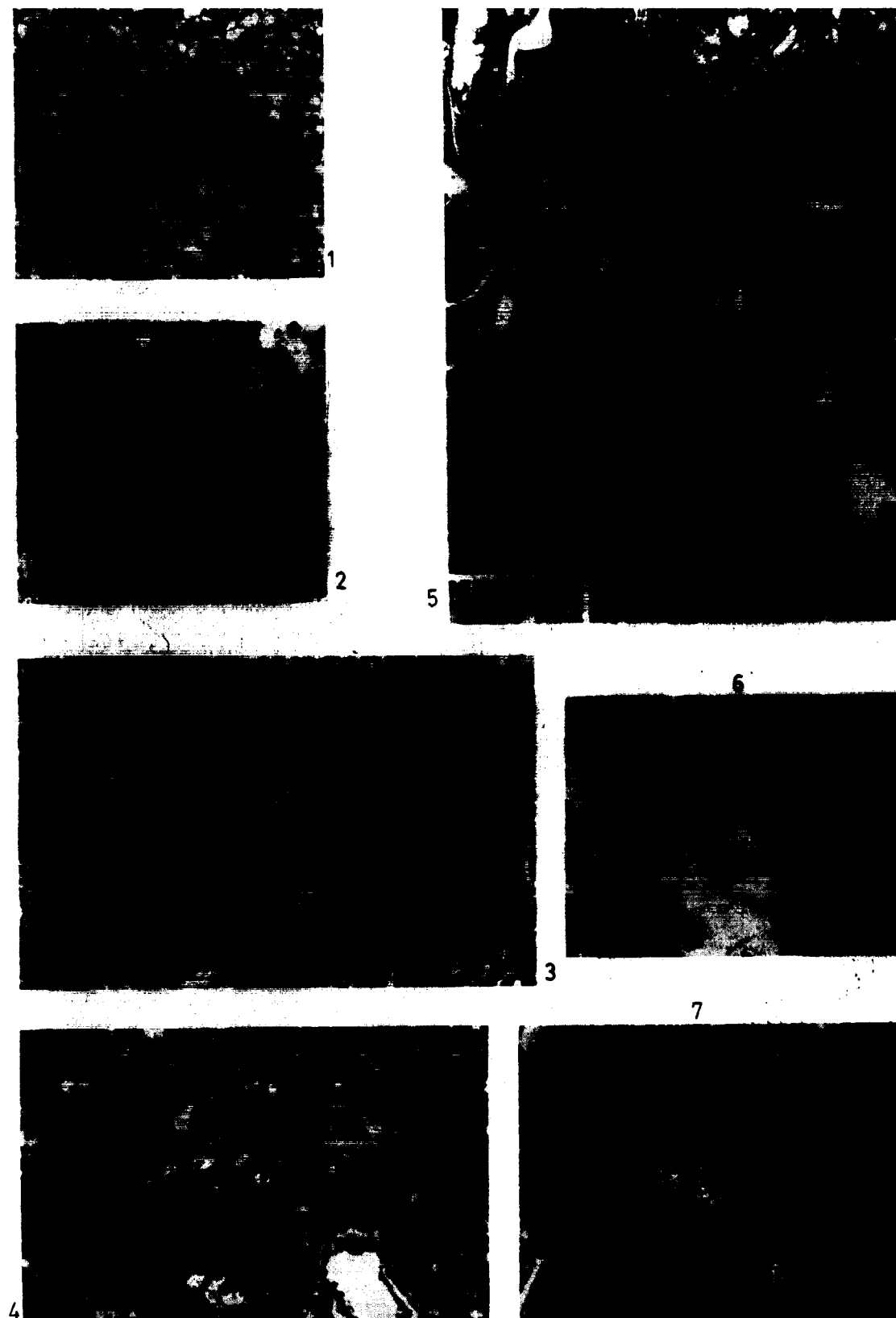
(Lám. 4, figs. 10-11)

En el Cenomanense inferior de la sección de Nava se han encontrado algunos ejemplares de esta subespecie junto a *O. (M.) texana aperta* (Erman). La característica esencial es que los cortes que pasan por la zona radial dan secciones de las cámaras de formas muy variables: rómbicas, trapezoidales, triangulares, etc., habiendo una tendencia a dar secciones redondeadas en el centro de la concha. Por lo demás, el aparato embrionario es muy semejante al de *O. (O.) concava concava* (Lamarck).

Orbitolina (Orbitolina) conica (D'Archiac, 1837).

(Lám. 9, fig. 3)

Esta especie se ha reconocido en el Cenomanense de Nava, en el banco más alto de este piso, que por encontrarse junto a *O. (O.) concava concava* (Lamarck) debe corresponder a la transición del Cenomanense inferior al superior. En el corte vertical centrado que damos en la lámina 9 (fig. 3) se observa cómo el «proloculus» es de gran tamaño, de forma romboédrica, total-

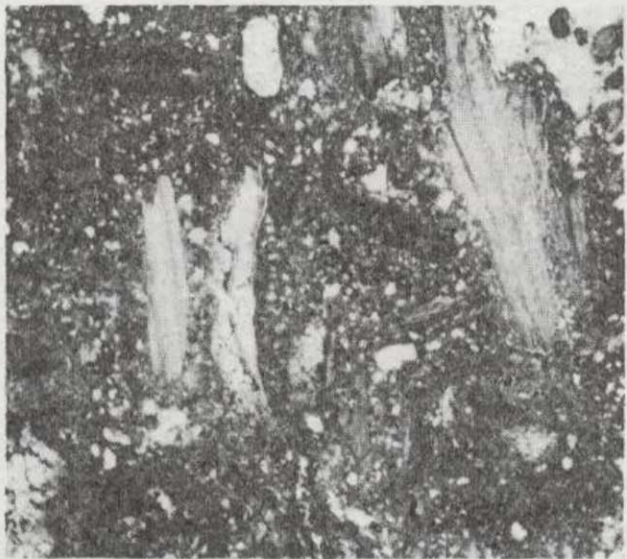


LAMINA 6

1. Caliza arenosa. *Choffatella decipiens* Schlumb., restos de algas (*Permocalculus*). Carbaino x 15. Aptense.
2. Biomierita arcillosa con limo de cuarzo. *Choffatella decipiens* Schlumb., Gasterópodos. Lamelibranchios. Playa de San Pedro (Antromero) x 15. Aptense.
3. Biomierita arcillosa y arenosa. *Choffatella decipiens* Schlumb., *Sabaudia minuta* (Hofker) (no se observa), *Everticyclammina greigi* (Henson), abundantes restos de algas calcáreas, entre las que se han reconocido *Permocalculus* y *Munieria*, restos de Moluscos. Playa de San Pedro (Antromero) x 15. Aptense.
4. Miomicrita mal clasificada. *Orbitolinopsis killiani* Silvestri, *Everticyclammina greigi* (Henson), *Sabaudia minuta* (Hofker) (no aparece en la microfotografía), *Pseudocyclammina*, *Quinqueloculina*, pequeños microforaminíferos, restos de algas calcáreas y de Moluscos. Playa de San Pedro (Antromero) x 15. Aptense.
5. Biomierita mal clasificada. *Præorbitolina cormyi* Schroed., *Sabaudia minuta* (Hofker), *Glomospira*, *Quinqueloculina*, Ostrácodos, restos de algas calcáreas y de Moluscos. Playa de San Pedro (Antromero) x 15. Aptense.
6. Calcarenita con la matriz recristalizada y reemplazada por romboedros de calcita, revestidos por diferentes capas de óxidos de hierro. Biomierita. *Palorbitolina lenticularis* (Blumemb.). Playa de San Pedro (Antromero) x 15. Aptense.
7. Caliza arcillosa, con limo de cuarzo muy fino. Biomierita. *Palorbitolina lenticularis* (Blumemb.), *Choffatella decipiens* Schlumb., tubos de Anélidos y restos de Moluscos. Peñaferruz x 15. Aptense.



1



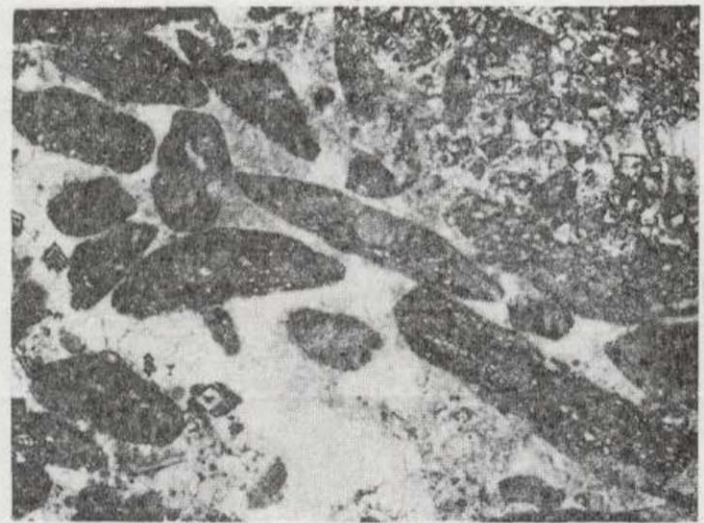
2



5



3



6



4



7

mente rodeado por las zonas supra y subembrional, que están perfectamente desarrolladas, presentando una serie de séptulas horizontales muy desarrolladas, en la zona marginal, que en estos cortes verticales dan un aspecto característico y que, en la mayor parte de los casos sirve ya, por sí sólo, para identificar la especie.

Género *Orbitolinopsis*, Silvestri 1932.

Orbitolinopsis kiliani Silvestri, 1932.

(Lám. 6, fig. 4)

1932, *Orbitolinopsis kiliani* Prever. Silvestri, *Cretaceo Somalia*, págs. 159-160, texto figs. 6-7; lám. 9, figs. 14-15.

1948, *Orbitolinopsis kiliani* Prever. Henson, *Larger Imperforate Foram. SW. Asia*, pág. 67.

1960, *Orbitolinopsis kiliani* (Prever). Moullade, *Rev. de Micropal.*, vol. 3, núm. 3, pág. 190, lám. 3, figs. 6-12.

1962, *Orbitolinopsis* aff. *kiliani* (Prever). Basoulet y Moullade, *Rev. de Micropal.*, vol. 5, núm. 2, pág. 107, lám. 1, figs. 1-7.

1966, *Orbitolinopsis kiliani* Silvestri. Schroeder y Wienands, *N. Jb. Geol. Paläont.*, vol. 117, págs. 347.

Solamente se ha reconocido este primitivo *Orbitolinido* en el corte de Playa de San Pedro (Antromero), en niveles inferiores a los que contienen *Praeorbitolina cormyi* Schroeder, donde ya ha sido anteriormente señalada su presencia por Schroeder y Wienands (1966). Estos tramos inferiores de Playa de San Pedro se incluyen en el Aptense inferior (Bedouliense inferior), aunque es muy probable que correspondan todavía al Barremiense superior, precisamente por la presencia de *Orbitolinopsis kiliani* Silvestri, que hemos encontrado en otras regiones de España (Utrillas y Villarroya

de los Pinares, en la provincia de Teruel, por ejemplo) (Aguilar, Ramírez y Riba, 1971) en niveles de esta última edad. Además, en Playa de San Pedro se encuentra unos pocos metros por debajo del nivel de *Praeorbitolina cormyi* Schroeder, microfósil que caracteriza al Bedouliense inferior.

Como esta especie no fue descrita en nuestro ya mencionado estudio sobre las microfacies del Norte de España (1971), damos para ella algunas referencias bibliográficas, que no son, ni mucho menos la sinonimia completa, así como una pequeña descripción.

La concha es cónica, con las primeras cámaras en espiral, las cámaras primarias están subdivididas por particiones interseptales reticuladas, que dan lugar a un retículo o pequeñas células conectadas entre sí por estolones o pilares. Por cada paso de cámara existe una séptula vertical, mientras que faltan, por el contrario, las séptulas horizontales, carácter, este último, que le diferencia de *Orbitolinopsis simplex* (Henson). Las secciones encontradas en Asturias coinciden plenamente con las que ha figurado Silvestri (1932). La principal diferencia con *Orbitolinopsis flandrii* Moullade 1960 y con *Orbitolinopsis cuvillieri* Moullade 1960, estriba en que, estas últimas especies poseen una zona marginal muy bien delimitada, mientras que *O. kiliani* Silvestri no presenta zona marginal, o a lo sumo es muy rudimentaria. Los *Orbitolinopsis* mencionados de Moullade se encuentran en el Barremiense inferior y techo del medio, respectivamente.

Género *Dictyoconus*, Blanckenhorn, 1960.

Dictyoconus sp.

En el corte de Playa de San Pedro, en las calizas que forman la isla de Antromero se ha observado una sección de un representante de este

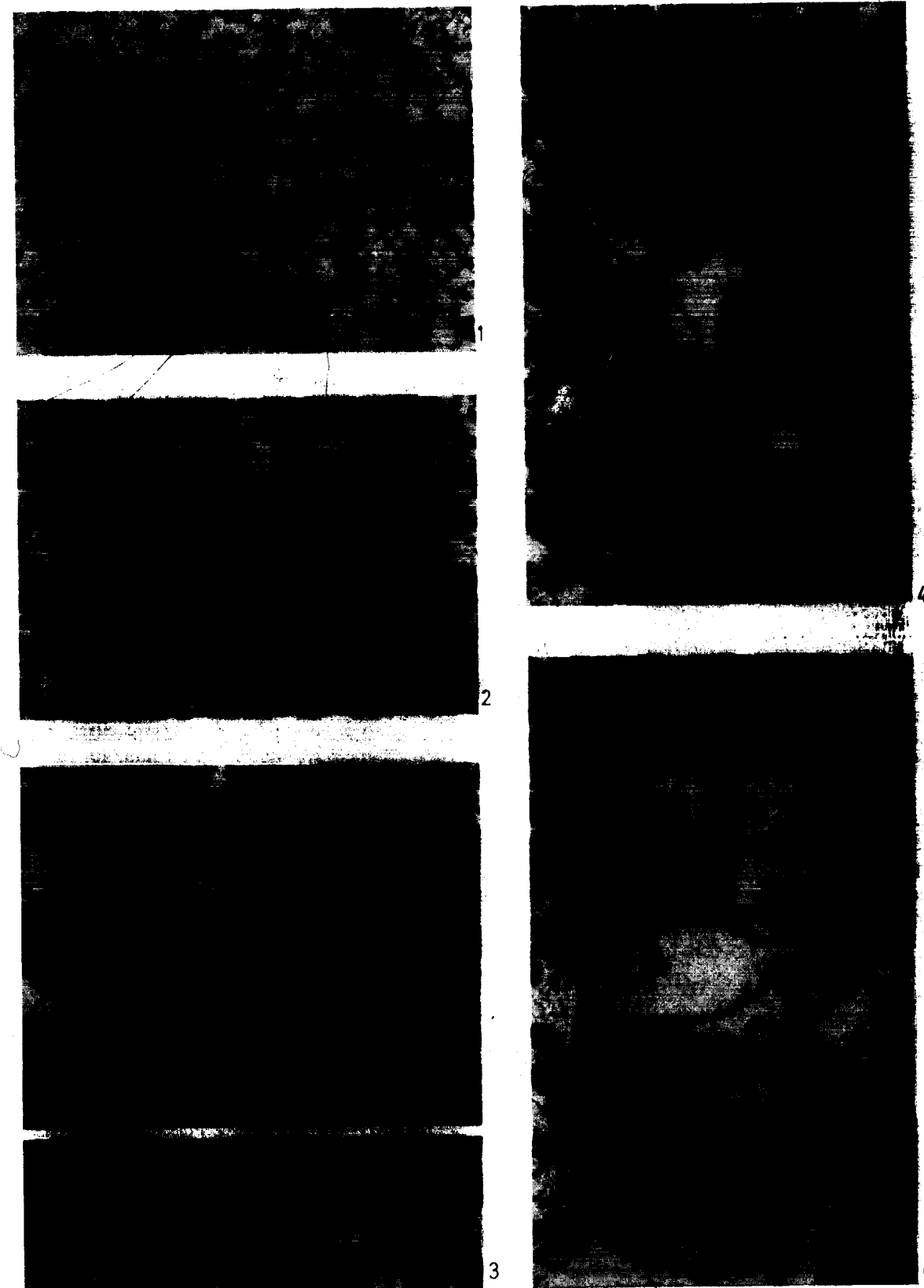
LAMINA 7

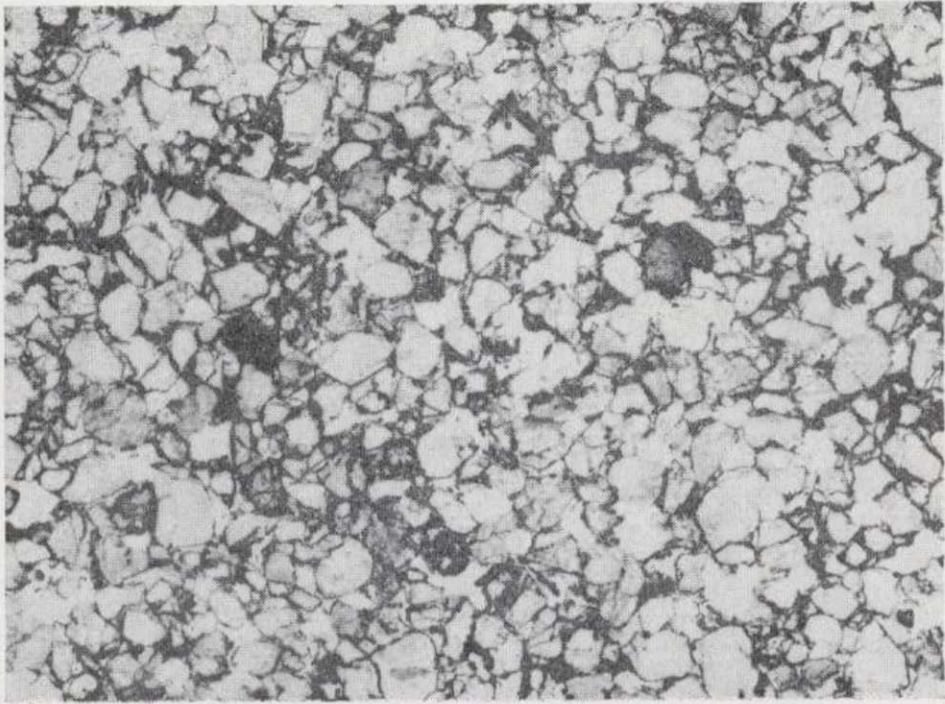
1. Arenisca, grano grueso, subredondeado, de cuarzo, cuarcita y feldspatos potásicos (éstos en proporción menor del 5 por 100 del total de la roca). Matriz arcillosa muy escasa. Azoica. Acebal x 15. Facies de Utrillas.
2. Caliza arenosa, con glauconita, «graveles» y pseudooolitos. Briozoos, *Tritaxia*, *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), microfósilíferos de pequeña tilla, fragmentos de Equinodermos, restos de algas calcáreas y de Moluscos. Campiello x 15. Cenomanense.
3. Calcarenita, clasificación pobre, muy fosilífera. Biopelmicrita. *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Quinqueloculina*, *Glomospira*, *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Dicyclina*, restos de algas calcáreas (*Acicularia*).

Campiello x 15.

Cenomanense.

4. Biomicrita con algunas pellets, ligeramente arenosa. *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Dicyclina*, *Quinqueloculina*, y otros Miliolidos, *Pseudolituonella reicheli* Marie, *Coskinolina*, *Nummoloculina* (= *Planispirina*), *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szak.), restos de algas calcáreas (*Acicularia*) y de Equinodermos. Llanera x 15. Cenomanense.
5. Calcarenita gruesa, matriz esparítica. Bioesparita. Orbitolinas redondeadas (posiblemente referibles a *O. gr. concava* (Lamarck), *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Palmula*, Briozoos, Gasterópodos, restos de Rudistas y de algas (*Neomeris pfenderae* Konishi y Epis). Peñaferruz x 15. Cenomanense.

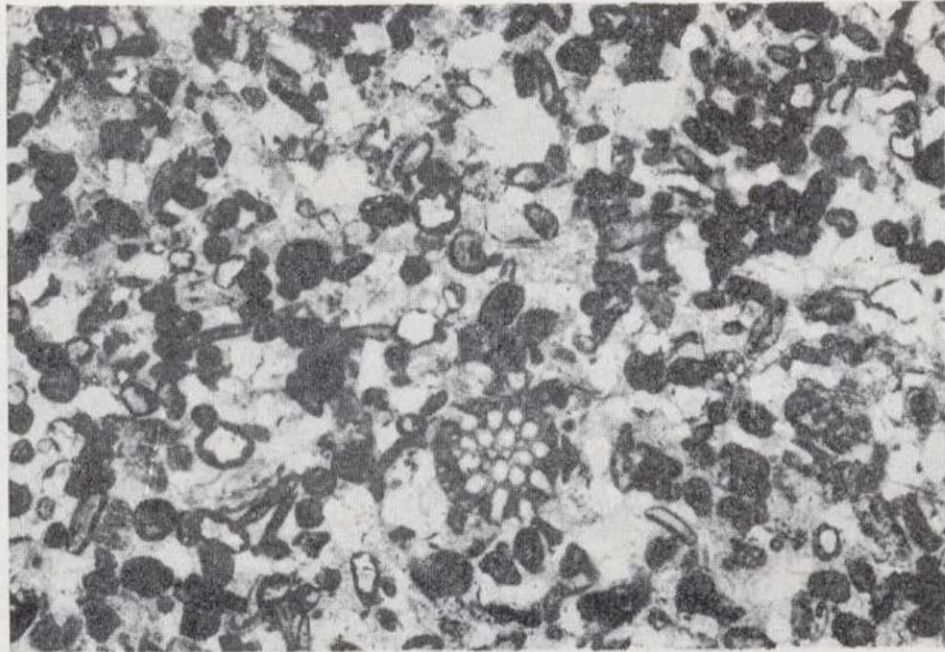




1



4



2



5



3



3

género, junto a *O. (M.) texana texana* (Roemer), lo que ya fue anteriormente señalado por Schroeder y Wienands (1966), quienes indican que presenta gran semejanza con los estados jóvenes de *D. pachymarginalis* Schroeder, procedente del Aptense superior de la Cordillera de Elburz (Irán) y que hasta ahora es una forma desconocida en el W. de Europa.

Género *Coskinolina*, Stache 1875.

Coskinolina sp.

(Lám. 7, fig. 4; lám. 8, fig. 2; lám. 9, fig. 1)

Este género no corresponde a la familia Orbitolinidae, pues Loeblich y Tappan (1964) (en Moore, 1964) lo incluyen en la familia Pavonitinae.

En el Cenomanense de Lugo de Llanera, Villanena, Peñaferruz y Campiello hemos reconocido algunas secciones que con muchas reservas asignamos a este género. No hemos podido observar cortes bien orientados porque siempre se encuentra este foraminífero en niveles de calizas, y aunque se ha preparado un buen número de láminas delgadas, todas las secciones han resultado más o menos tangenciales. Formas relativamente próximas han sido citadas y figuradas por Hamaqui (1966) (lám. 1, figs. 2-3; lám. 11, fig. 4) del Cenomanense de Negev (Israel), bajo la denominación de *Coskinoloides* 2 nov. sp. Parece bastante probable que nuestros ejemplares correspondan a una nueva especie.

Familia *Fischerinidae*, Mill. et al., 1898.

Género *Vidalina*, Schlumberger, 1899.

Vidalina hispanica Schlumberger, 1899.
(Lám. 11, fig. 3)

1899, *Vidalina hispanica*, nov. gen., nov. sp. Schlumberger, *Crétacé d'Espagne*, página 459, lám. 8, fig. 6; lám. 9, figs. 12-13.

Esta característica especie ha sido observada en la sección estratigráfica de Bierces II, en niveles que hemos datado como Coniaciense superior-

Santoniense inferior. Los ejemplares observados en Asturias tienen un diámetro medio de 0,75 a 0,80 mm. En la Cuenca Canábica se observó también en niveles de la misma edad de casi todas las secciones estratigráficas de la sierra de Cantabria y Montes Obarenes (Ramírez del Pozo, 1971). La concha, en forma de disco, está constituida por un tubo, sin tabiques, dispuesto en espiral plana. La pared de la concha no es perforada.

Familia *Miliolidae*, Ehrenberg, 1839.

Género *Idalina*, Schlumberger y Munier-Chalmas, 1884.

Idalina antiqua D'Orbigny, 1850.

1949, *Idalina antiqua* D'Orb. Cuvillier y Szakall, *Foram. d'Aquitaine*, pág. 47, lám. 20, figuras 9-10.

Es relativamente frecuente este Miliolido en el Santoniense superior y Coniaciense superior-Santoniense inferior (en niveles de esta última edad muy probablemente) de los cortes de Bierces. Generalmente se encuentra en niveles de calizas, siendo muy raro encontrarla aislada en los materiales levigados. Casi nunca se han visto formas adultas con la última cámara formando una vuelta completa. Lo más frecuente es observar ejemplares con el estadio biloculinoide.

Género *Lacazina*, Munier-Chalmas, 1882.

Lacazina elongata Munier-Chalmas, 1882.

(Lám. 12, fig. 2)

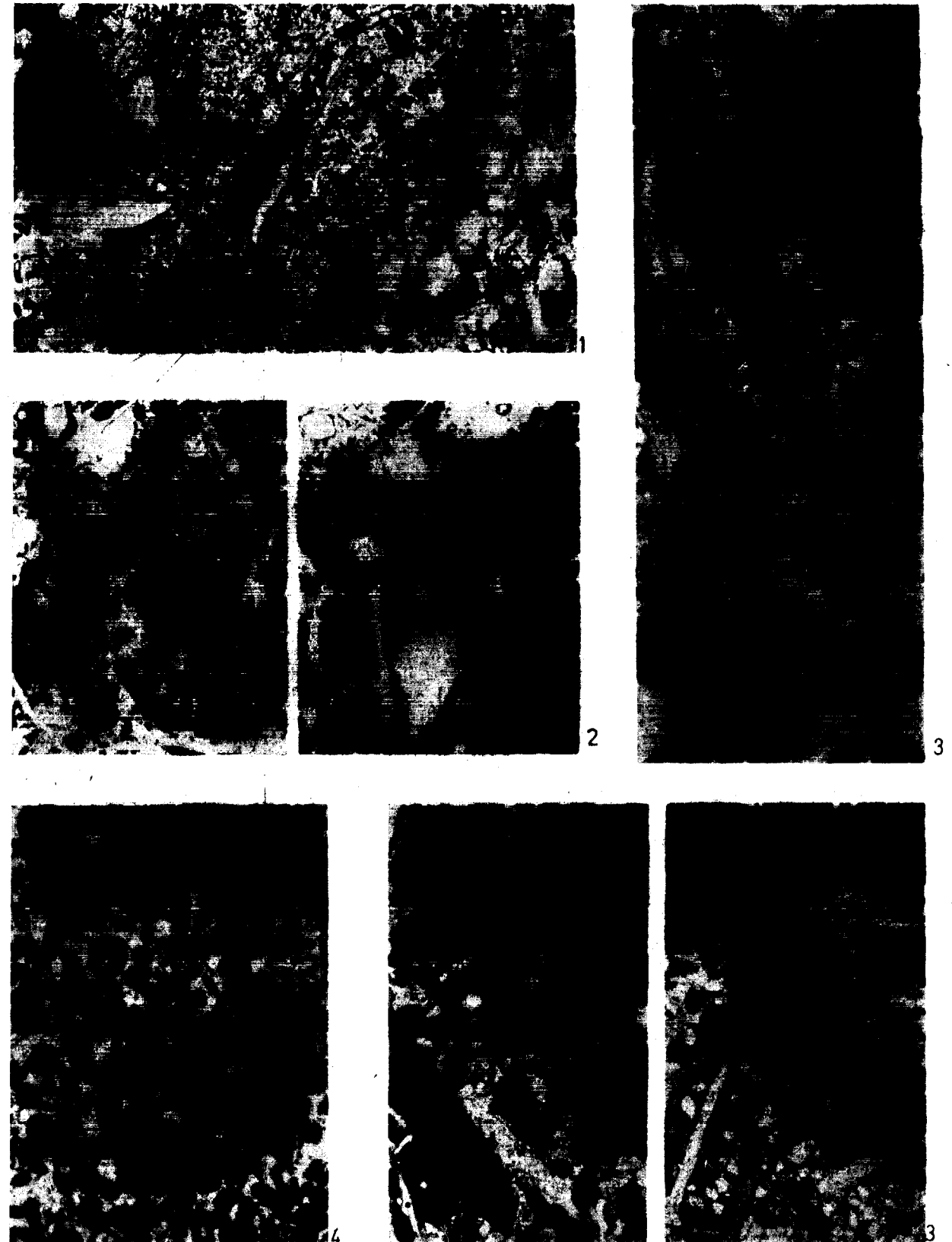
1899, *Lacazina elongata* n. sp. Munier-Chalmas (en Schlumberger), *Crétacé d'Espagne*, página 457, lám. 8, fig. 3; lám. 10, figs. 15-18; lám. 11, fig. 19.

Esta conocida y extendidísima especie caracteriza, como se sabe, al Santoniense superior, habiéndose observado solamente en las calizas de esta edad del corte de Bierces I.

LAMINA 8

1. Calcarenita arenosa, recristalizada, con abundantes «graves». *Haplophragmium*, Ostreidos, restos de Equinodermos y de algas calcáreas. Acebal × 15. Cenomanense.
2. Calcarenita mal clasificada, parcialmente recristalizada. *Coskinolina*, *Pseudocyclamina*, *Aulotortus* (*Paratrocholina*) *lenticularis* (Paalzow), *Cuneolina pavonia* D'Orb., restos de Equinodermos, de Moluscos y de algas. Campiello × 15. Cenomanense.
3. Calcarenita arenosa, parcialmente recristalizada. Biomicrota con «gravel».

4. Calcarenita grano medio, algo arenosa. Biogravelmicrita recristalizada. *Praealveolina simplex* Reichel, *Praealveolina cretacea brevis* Reichel, *Ovalveolina ovum* D'Orb., *Nummoloculina* (= *Planispirina*), *Haplophragmium*, *Quinqueloculina*, Briozos, algas, restos de Moluscos y de Equinodermos. Villameana × 15. Cenomanense.

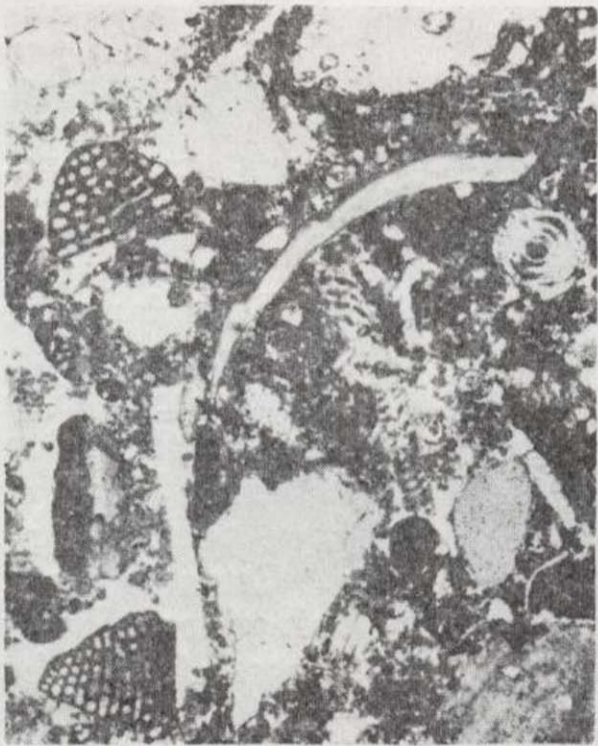




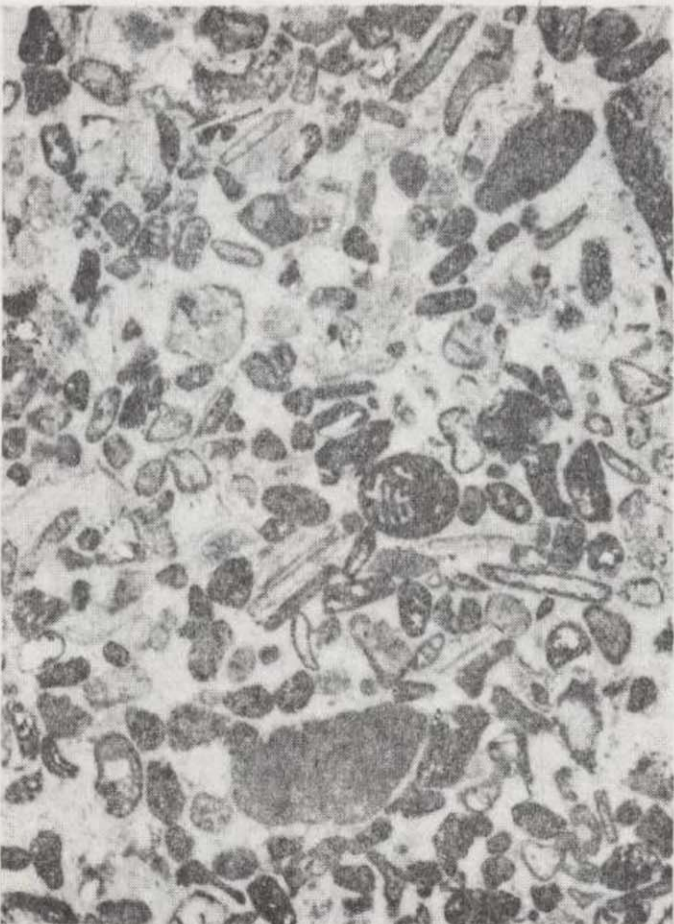
1



3



2



4



3

Familia *Soritidae*, Ehrenberg, 1839.
 Género *Nummofallotia*, Barrier y Neumann, 1959.
Nummofallotia cretacea (Schlumberger, 1899).
 (Lám. 11, fig. 3; lám. 12, fig. 2)

1899, *Nonionina cretacea* nov. sp. Schlumberger,
 Crétacé d'Espagne, pág. 460, lám. 8, fig. 1;
 lám. 9, figs. 21-22.

Observada en el Coniaciense superior-Santonense inferior y Santoniense superior de los cortes de Bierces II y I, respectivamente. En otras regiones se encuentra desde el Coniaciense al Maestrichtiense, siempre en sedimentos de facies nerítica, de poca profundidad. Las secciones de este conocido microfósil observadas en las láminas delgadas son muy características por presentar la zona ecuatorial más oscura, por ser de diferente naturaleza mineralógica que el resto de la concha.

Familia *Alveolinidae*, Ehrenberg, 1839.

En el Cenomanense asturiano hemos reconocido algunas especies de los géneros *Praealveolina* y *Ovalveolina*, de las que daremos solamente algunas referencias bibliográficas.

Género *Ovalveolina*, Reichel, 1936.
Ovalveolina ovum (D'Orbigny, 1850).
 (Lám. 8, fig. 3)

1936, *Ovalveolina ovum* (D'Orbigny). Reichel,
 Alveolines, p. 70, lám. 1, fig. 5; lám. 2,
 figs. 2-3; lám. 5, fig. 4; lám. 8, figs. 1-4,
 9, 10 y 11.

1961, *Ovalveolina ovum* (D'Orbigny). Cuvillier,
 Microfacies Western Aquitaine, lám. 36 (2).

Reconocida en el corte de Villameana.

Género *Praealveolina*, Reichel, 1933.
Praealveolina cretacea brevis Reichel, 1936.
 (Lám. 8, fig. 3)

1936, *Praealveolina cretacea brevis*, nov. subsp.
 Reichel, Alveolines, pág. 60, lám. 3, fig. 1;
 lám. 5, figs. 1-2; lám. 6, fig. 3

Especie observada en el Cenomanense de Villameana, Campiello y Nava

Praealveolina simplex Reichel, 1936.
 (Lám. 8, figs. 3-4)

1936, *Praealveolina simplex*, nov. sp. Reichel,
 Alveolines, pág. 67, lám. 5, fig. 4; lám. 8,
 figs. 5-9 y 12.

1963, *Praealveolina simplex* Reichel. Neumann,
 Ile Madame, lám. 1, figs. 3, 6; lám. 2, fig. 2.

Esta especie ha sido observada en el Cenomanense de los cortes de Villameana, Acebal y Nava.

Familia *Rotalioporidae*, Sigal, 1958.

Género *Hedbergella*, Brönnimann y Brown, 1958.
Hedbergella paradubia (Sigal, 1952)
 (Lám. 5, figs. 12-14; lám. 10, figs. 1-2)

1952, *Globigerina paradubia*, n. sp. Sigal, Crétacé en Algerie, pág. 28, fig. 28.

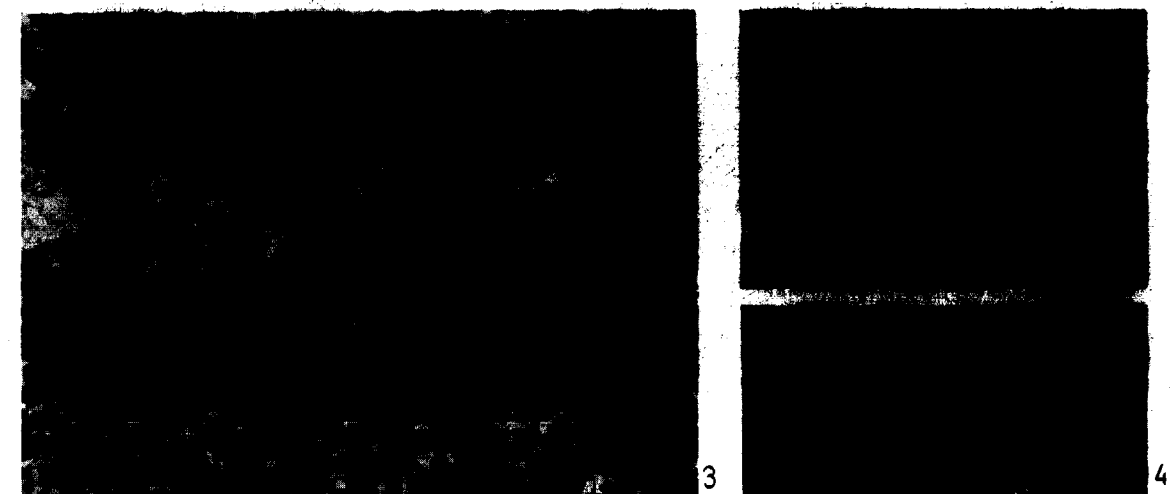
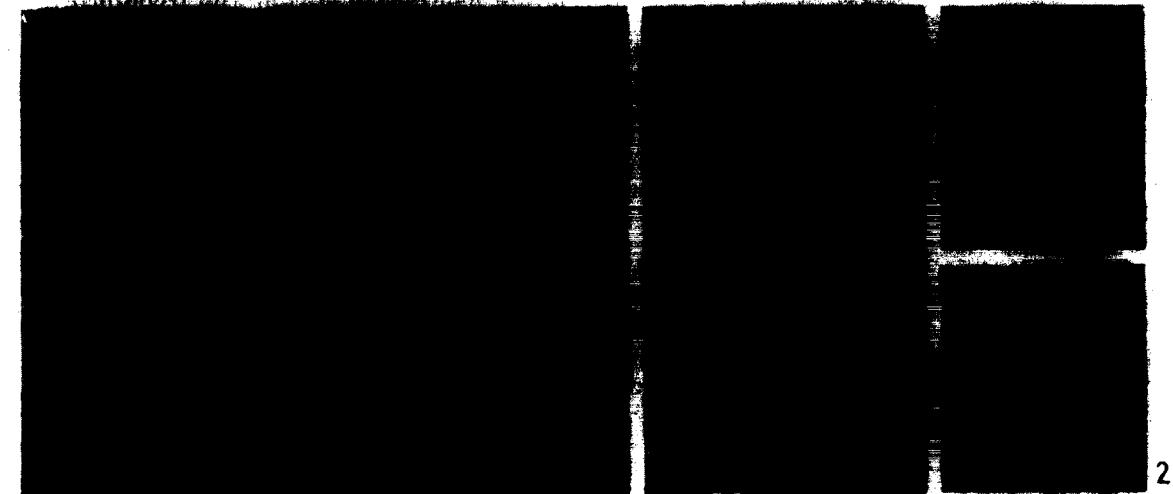
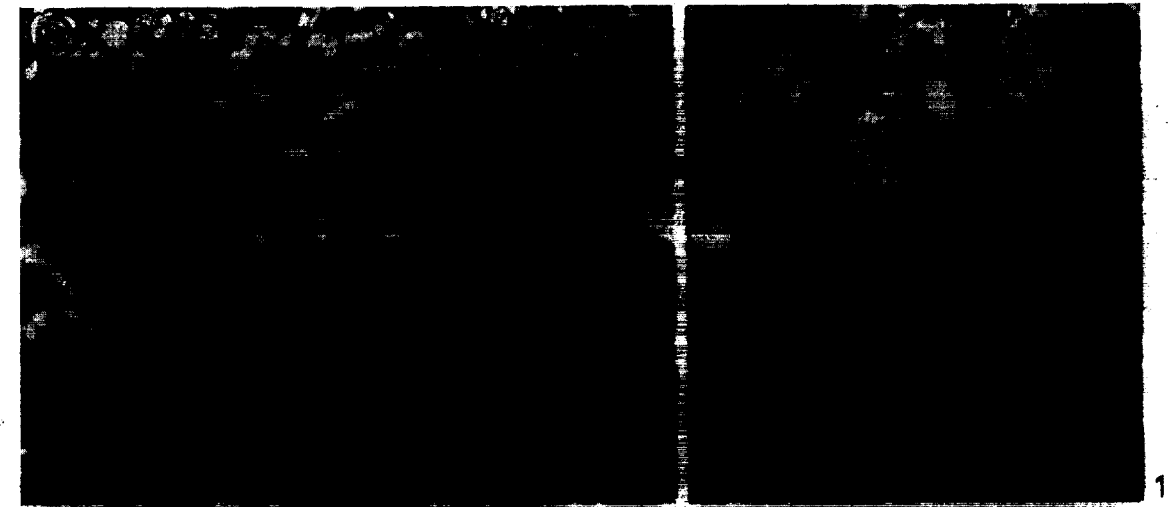
Ejemplares de forma trocospiral, con cámaras globulosas han sido observados en el Turonense de Bierces II, en los niveles margosos. En las calizas del Turonense de Nava, Villameana y Bierces II se observan también algunas secciones que pueden corresponder a esta especie.

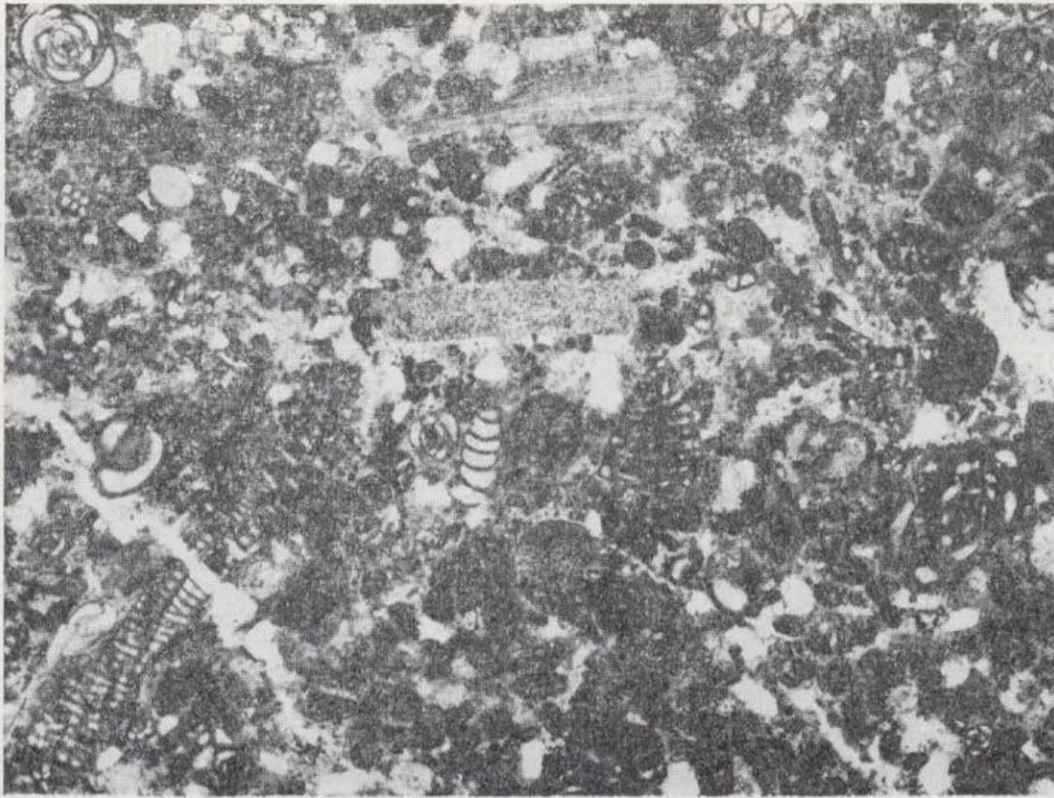
Estas formas han sido últimamente asignadas al género *Praeglobotruncana* por varios autores, entre ellos Lehmann (1962, Etude des Globotruncanidés du Crétacé supérieur de la province de Tarfaya (Maroc occidental), *Notes Serv. géol. Maroc*, tomo 21, págs. 133-179) y Corum (1966, Globotruncanidae du Crétacé supérieur du synclinal de la Gruyère (Préalpes Médiannes, Suisse), *Rev. de Micropal.*, vol. 9, núm. 2, págs. 68-93). En el Norte de España y particularmente en Viz-

LAMINA 9

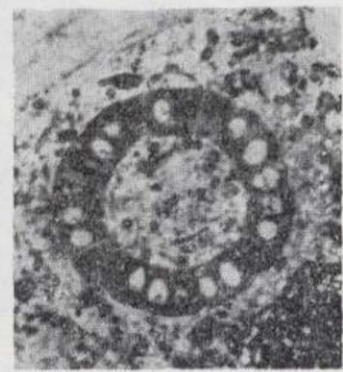
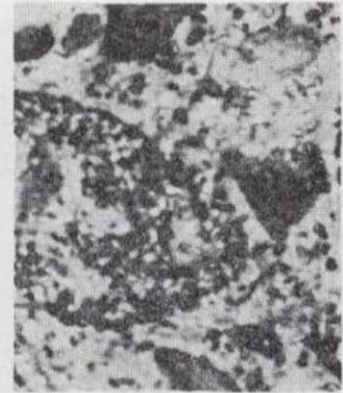
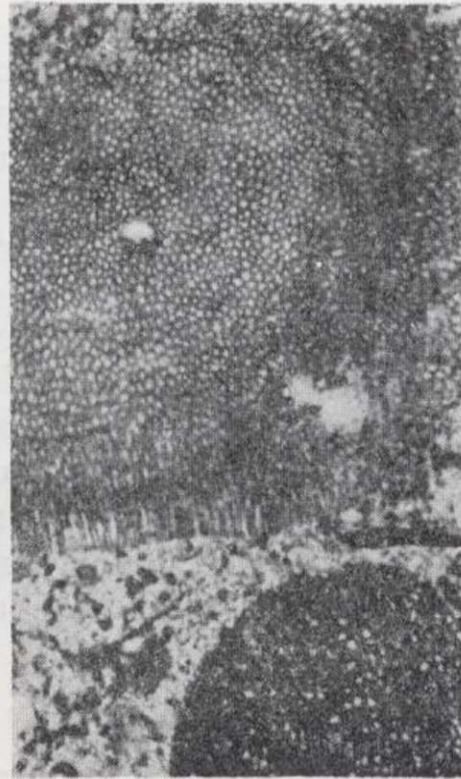
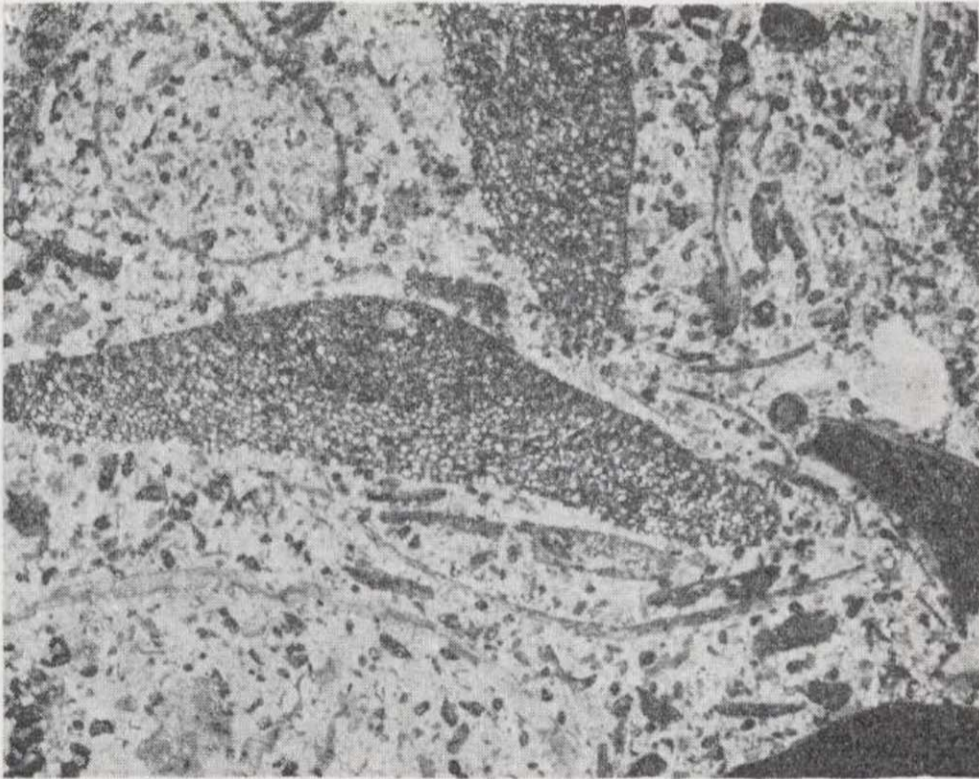
1. Calcarenita mal clasificada, arenosa. Biopelmicrita. *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Quinqueloculina*, *Pseudobittonella richeli* Marie, *Coskinolina*, *Haplophragmoides cenomana* (Cuvill. y Szakall); *Nummoloculina* (= *Planispirina*). Llanera x 15. Cenomanense.
2. Calcarenita mal clasificada, limolítica. Biopelmicrita recristalizada. *Orbitolina concava concava* (Lamarck), *Pseudocyclammia*, *Stromatoporideos*, algas *Dasycladáceas*, *Briozoos*, restos de Moluscos en general. El Toral x 15. Cenomanense.

3. Calcarenita mal clasificada. Biogravesparita. *Orbitolina conica* (D'Arch.), *Marssonella*, *Briozoos*, restos de algas (*Boucina* cf. *pygmaea* Pia, *Neomeris*, *Hali-medea*) y restos de Equinodermos. Nava x 15. Cenomanense.
4. Calcarenita mal clasificada y recristalizada, con limo de cuarzo. Biopelmicrita. *Pseudocyclammia*, *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Marssonella*, *Polípero*, *Gasterópodos*, tubos de Anélidos, *Rudistas* y restos de algas (*Neomeris*, *Boucina*). Bierces II x 25. Turonense.

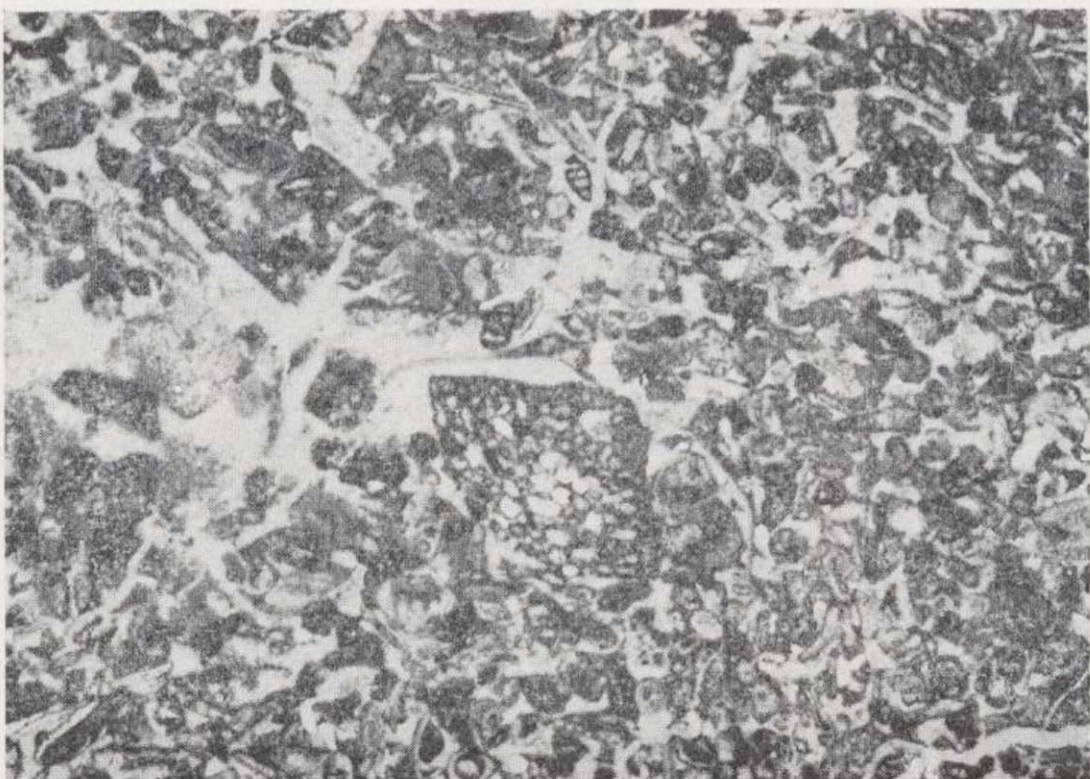




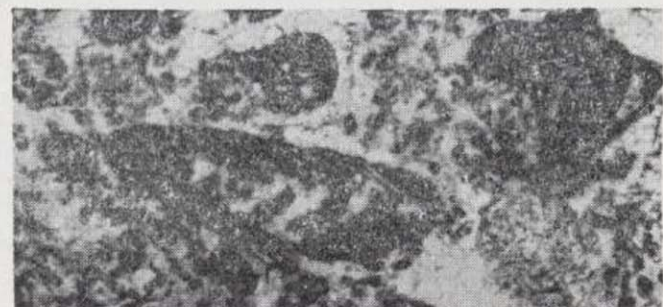
1



2



3



4

caya y Alava aparecen estas formas en una zona de unos 40 ó 50 m. de potencia localizada entre las últimas *Rotalipora* y las primeras *Globotruncana helvetica* Bolli. Hacia arriba van apareciendo formas de paso hacia los niveles con *G. helvetica* típicas, caracterizadas por un aplanamiento progresivo del lado dorsal y aparición de quilla.

Familia *Involutinidae*, Bütschli, 1880.

Género *Aulotortus* (Paratrocholina), Weynschenk 1956.

Según Loeblich y Tappan (1964) (en Moore, 1964) el género *Paratrocholina* Oberhauser, 1957 es sinónimo de *Aulotortus* Weynschenk, 1956, pues mientras el primero muestra claramente la naturaleza perforada de la concha, la aparentemente imperforada pared en *Aulotortus* puede ser debido a fenómenos de recristalización. Por ello, y teniendo en cuenta las normas de prioridad, preferimos designar a nuestros ejemplares como *Aulotortus* (*Paratrocholina*).

En el Aptense de Peñaferruz, así como en el Cenomanense inferior de Campiello, Villameana, Lugo de Llanera, Peñaferruz y Bierces II, son muy frecuentes, en las láminas delgadas, secciones que corresponden a este género (lám. 7, fig. 5; lám. 8, fig. 2). Las secciones observadas en el Aptense son ligeramente diferentes de las del Cenomanense y en particular se trata de ejemplares algo menores. Formas muy próximas se han citado bajo el nombre de *Trocholina lenticularis* Henson, en el Albense superior de Borehole, Roquefort-des-Landes, en la Aquitania (Cuvillier, 1961, lám. 29-2) y en el Cenomanense inferior de Ile Madame (Charente-Maritime) (Neuman, 1963).

OSTRACODA

La posición sistemática de los distintos géneros que se describen a continuación es, según Renson et all. (1961) (en Moore, 1961).

Familia *Bairdiidae*, Sars, 1888.

Género *Bairdia*, McCoy, 1844.

Bairdia sp. 302 Oertli, 1958.

(Lám. 1, figs. 8-9)

1958, *Bairdia* n. sp. (sp. 302). Oertli, Aptien-Albien d'Apt., pág. 1.503, lám. 2, figs. 42-45.

Algunos ejemplares encontrados en los niveles bajos del Aptense inferior de Peñaferruz parecen corresponder a esta especie señalada por Oertli como nueva y cuyos tipos originales proceden del Albense inferior de Apt. Nuestros ejemplares son de gran tamaño (longitud media 1.06 mm., con una altura de 0.7 mm.) con la superficie finamente punteada y el contorno triangular. Recuerdan a *Bairdia alexandrina* Blake, especie conocida en España en el Turonense y Coniaciense inferior de otras zonas.

Familia *Paracyprididae*, Sars, 1923.

Género *Paracypris*, Sars, 1886.

Paracypris cf. *jonesi* Bonnema, 1940.

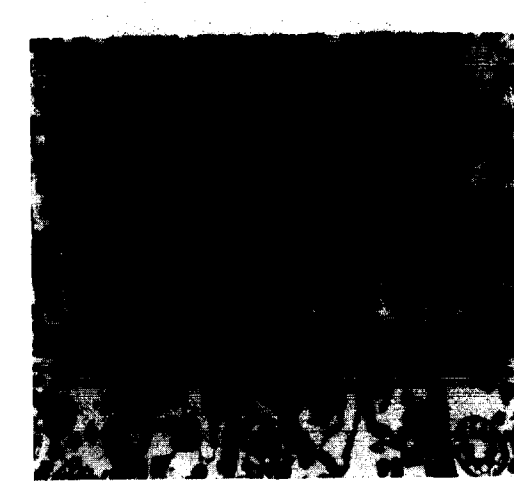
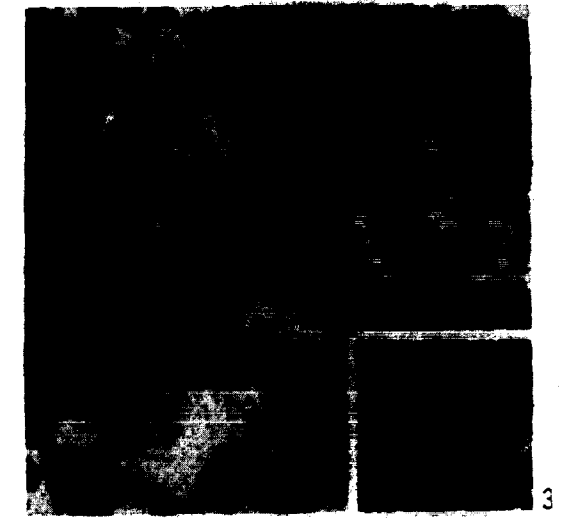
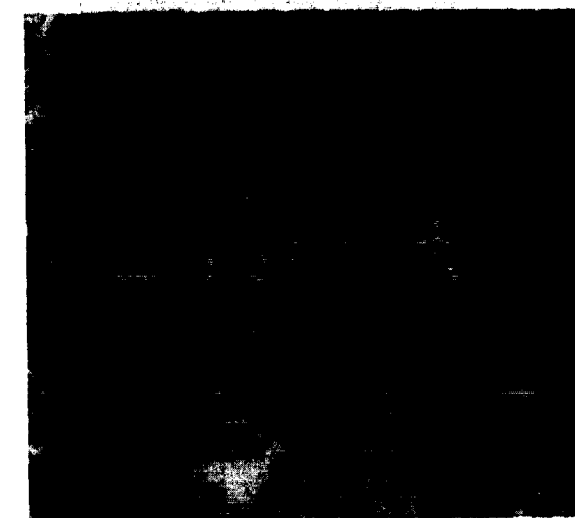
(Lám. 1, figs. 10-12)

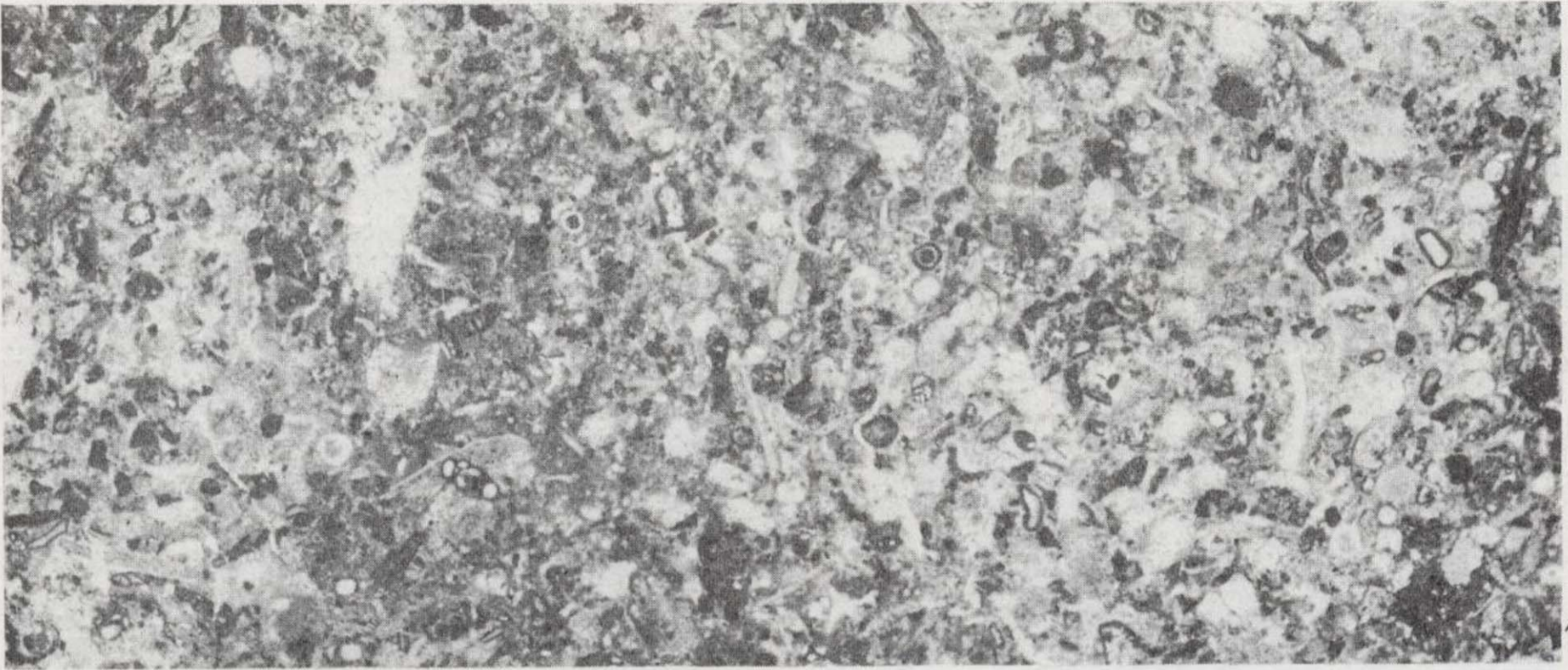
1958, *Paracypris jonesi* Bonnema. Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, pág. 449.

1958, *Paracypris* cf. *jonesi* Bonnema. Oertli, Aptien-Albien d'Apt., pág. 1.503, lám. 2, figs. 30-38.

LAMINA 10

1. Calcarenita fina, bien cuasificada, con algo de glauconita, matriz microcristalina ligeramente recristalizada. Biopelmicrita. Pequeños foraminíferos (*Marssonella*, *Dorothia*, *Hebbergella paradubia* (Sigal), *Tritaxia*, *Lenticulina*, *Heterohelix*, Miliólidos), *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), espículas de Espongiarios, Briozoos, restos de Moluscos y de Equinodermos. Nava x 25. Turonense.
2. Calcarenita fina, bien clasificada, matriz ligeramente recristalizada, con glauconita, Biopelmicrita. Entre la matriz se distingue: *Marssonella*, *Dorothia*, *Pithonella sphaerica* (Kauffmann), *Tritaxia*, *Lenticulina*, *Heterohelix*, *Hebbergella paradubia* (Sigal), espículas de Esponjas, Briozoos y restos de Moluscos y de Equinodermos. Nava x 25. Turonense.
3. Calcarenita, grano medio, arenosa. Biogravelmicrita. *Quinqueloculina*, *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Lithothamnium*, restos de Equinodermos y de algas calcáreas. Acebal x 15. Coniaciense superior-Santoniense.
4. Calcarenita grano medio, matriz esparítica. Bioesparita con «gravel» y algún pseudoolito. Algas calcáreas muy abundantes (*Bouëina pygmaea* Pia y *Neomeris cretacea* (Steinmann)), Políperos, Briozoos, Moluscos y fragmentos de Equinodermos. Bierces II x 15. Coniaciense superior-Santoniense.
5. Calcarenita gruesa, recristalizada, con glauconita, Biomicrita. *Quinqueloculina*, *Lithothamnium*, Rudistas, Políperos, restos de Moluscos y de algas calcáreas (*Bouëina*, *Neomeris*). Nava x 15. Coniaciense superior-Santoniense.

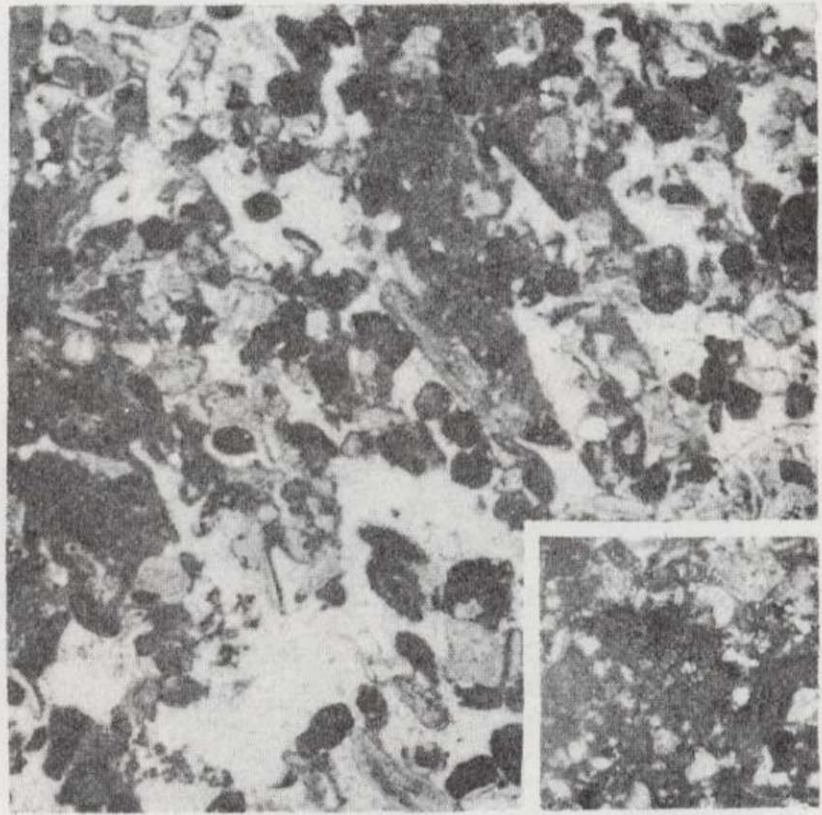




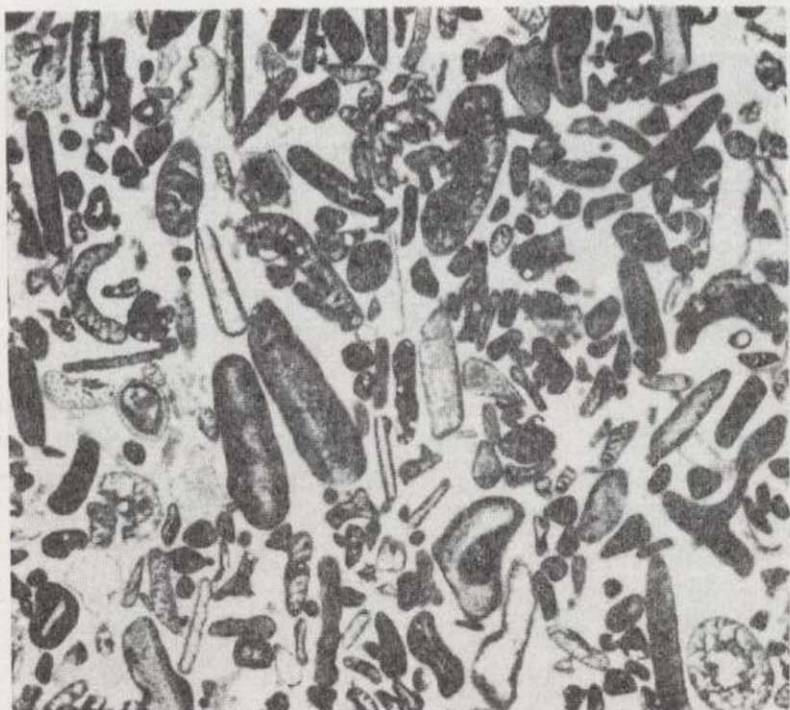
1



2



3



4



5

En el Aptense inferior de la serie de Playa de San Pedro (Antromero) hemos reconocido algunos ejemplares (unos 10), que, con alguna reserva, atribuimos a esta especie de *Bonnema*. Los ejemplares asturianos son prácticamente idénticos a los figurados por Oertli (1958) del Aptense superior-Albense inferior de Apt., que hemos comparado con algunos individuos que disponemos de esta localidad. Como señala Oertli, hay dos tipos que corresponden a los dos sexos: unos muy alargados con una línea poco convexa entre la punta trasera y el ángulo antero-dorsal, mientras que los otros muestran el borde dorsal casi paralelo al borde ventral. La longitud de los ejemplares asturianos es de 0,90 mm., aproximadamente, siendo idéntica en ambos tipos.

Paracypris sp. 1 Grekoff y Deroo, 1956.
(Lám. 2, fig. 14)

1956, *Paracypris* sp. 1. Grekoff y Deroo, Cretácico medio Norte de España, pág. 217, lám. 46, figs. 15-16.

En el Cenomanense de Nava hemos encontrado algunos Ostrácodos de pequeño tamaño (0,60 mm. de longitud), que pertenecen a esta especie y que, sin duda, son idénticos a los figurados por Grekoff y Deroo del Cenomanense de Picofrentes.

Familia *Brachycytheridae*, Puri, 1954.

Género *Pterigocythere*, Hill, 1954.

Pterigocythere allinensis (Grekoff y Deroo, 1956).
(Lám. 3, figs. 8-9)

1956, *Alatocythere allinensis* n. sp. Grekoff y Deroo, Cretácico medio Norte de España, pág. 221, lám. 47, figs. 34-35.

Los ejemplares encontrados en el Turonense de Bierces II y Nava parecen ser idénticos a esta forma que Grekoff y Deroo han descrito en capas del paso del Cenomanense al Turonense del Valle de Allín. La longitud media de nuestros ejempla-

res es de 0,95 mm., es decir, la misma que han indicado los autores de la especie. En el lado anterior se observan de 5 a 7 pequeños dientes, siendo la superficie lisa y las valvas bastante macizas. Omitimos más detalles descriptivos que pueden consultarse en la referencia sinónimica.

Familia *Cytherideidae*, Sars, 1925.

Género *Clithrocytheridea*, Stephenson, 1936.

«*Clithrocytheridea*» aff. *brevis* (Cornuel, 1846).
(Lám. 1, figs. 20-23)

1958, *Clithrocytheridea?* *brevis* (Cornuel). Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, págs. 110-111.

1958, «*Clithrocytheridea*» aff. *brevis* (Cornuel). Oertli, Aptien-Albien d'Apt, p. 1.507, lám. 4, figs. 87-90.

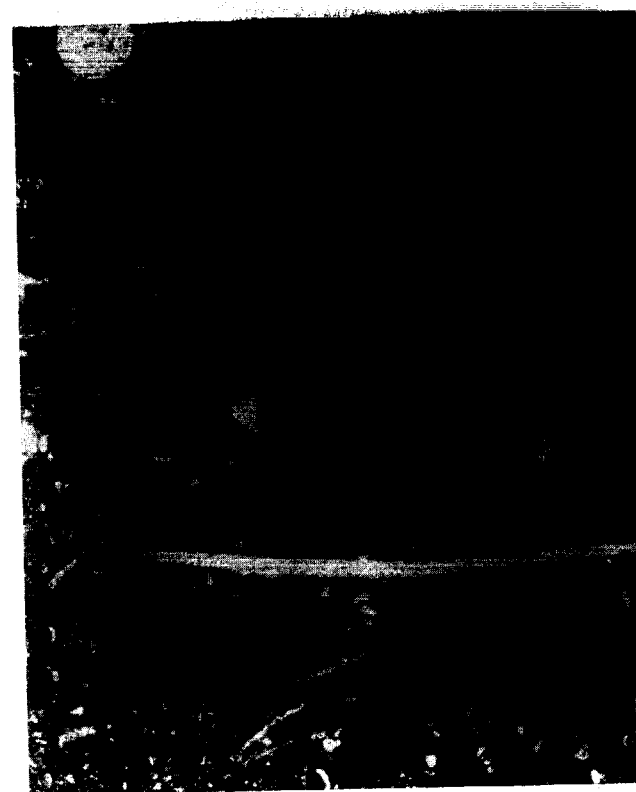
1963, «*Clithrocytheridea*» *brevis* (Cornuel). Oertli, Mesozoïque France, lám. 56 (2); lám. 58 (2); lám. 59 y lám. 60.

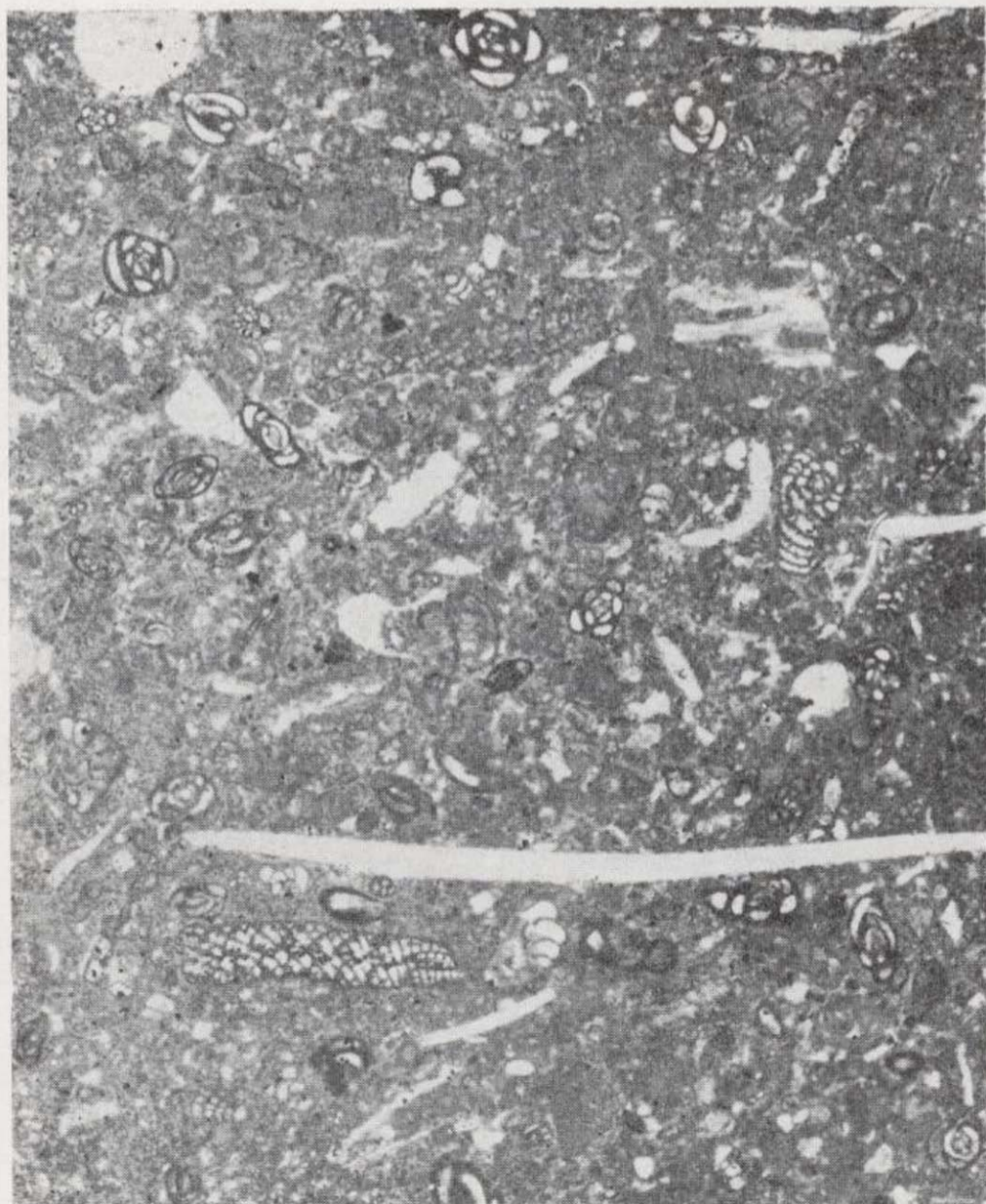
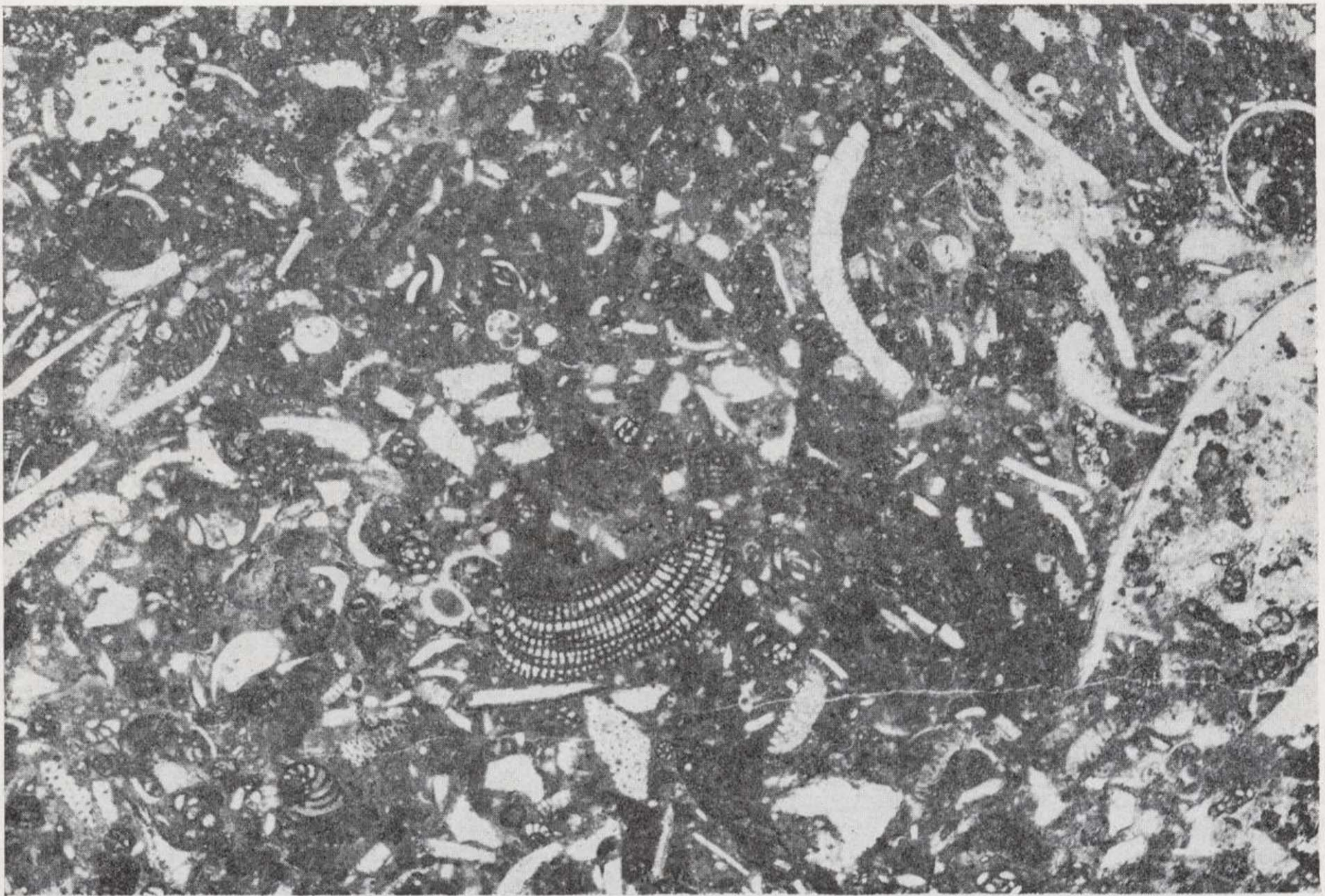
Esta especie es muy frecuente en el Hauteriviense y Barremiense inferior de la Cuenca de París (Oerthi, 1963) y ha sido citada anteriormente por nosotros en el Hauteriviense-Barremiense del Norte de España, en la serie estratigráfica de Montoria-I (Alava) y Aptense de varias localidades (Ramírez del Pozo, 1969 d y 1971). También es muy abundante en niveles que se han datado como Hauteriviense-Barremiense, así como del Aptense inferior de la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel) (Aguilar, Ramírez y Riba, 1971). En el Aptense inferior de Playa de San Pedro (Antromero), en los niveles más bajos de la sección, que deben pertenecer a la transición entre el Barremiense y el Aptense (por la presencia de *Orbitolinopsis kiliiani* Silvestri) es muy frecuente esta especie que determinamos con duda, pues son idénticos a los citados y figurados por Oertli (1958) en el Gargasiense y Albense inferior de Apt. Oertli (1963), figura también ejemplares de esta especie procedentes de diferentes localidades del Hauteriviense y Barremiense de Francia.

LAMINA 11

1. Calcarenita microcristalina, clasificación pobre. Biomicrita.
Dicyclina schlumbergeri Mun. = Chalm., **Sptrocyclina choffati* Mun.-Chalm. (emend. Maync), *Cuneolina pavonia* D'Orb., *Quinqueloculina* y otros Miliólidos, *Minouxia lobata* Gendrot, *Nezzazzata*, restos de algas calcáreas (*Neomeris*, *Bouceina*), restos de Moluscos y de Equinodermos.
Bierces II x 15.
Coniaciense superior-Santoniense.
2. Calcarenita microcristalina, Biomicrita.
Pseudolithuonella reicheli Marie, *Dictyopsella* cf. *kiliani* Mun. Chalm., *Quinqueloculina*, *Cuneolina pavonia* D'Orb.,

- Minouxia conica* Gendrot, algas, restos de Moluscos y Equinodermos.
Bierces II x 15.
Coniaciense superior-Santoniense.
3. Calcarenita microcristalina, parcialmente recristalizada, con abundantes óxidos de hierro. Biomicrita.
Nummofallotia cretacea (Schlumb.), *Lenticulina*, *Rotalia* cf. *reicheli* Hott., *Vidalina hispanica* Schlumb., *Marssonella*, *Spiroplectammina*, Briozoos, restos de Moluscos y de Equinodermos.
Bierces II x 15.
Coniaciense superior-Santoniense.





2

3

La concha tiene un contorno subtriangular, con el borde dorsal convexo y el ventral recto. El lado anterior se presenta más redondeado que el posterior. La valva izquierda más grande y solapando totalmente todo el contorno, siendo menor este solapamiento en la parte posterior de la valva. Presenta un gran dimorfismo, siendo generalmente la superficie lisa o débilmente punteada. La longitud media de los ejemplares de Asturias es de 0,60 mm.

Género Dolocytheridea, Triebel, 1938.
Dolocytheridea intermedia Oertli, 1958.
(Lám. 1, figs. 24-26)

1958, Dolocytheridea intermedia, n. sp. Oertli, Aptense-Albien d'Apt., pág. 1.505, lám. 3, figs. 63-74; lám. 4, figs. 75-82.

1963, Dolocytheridea intermedia Oertli. Kaye, Mesozoic Cytherideidae, pág. 33, lám. 3, figs. 10-14.

Especie muy frecuente en el Aptense inferior de todas las localidades asturianas. Los tipos proceden de Apt (colina de Gargas) de niveles datados como Aptense superior y Albense inferior, es decir, algo más altos que los asturianos. La longitud media de los ejemplares es de 0,80 mm. Como indica Oertli (1958) se trata de una forma intermedia entre *D. hilseana* (Roemer, 1841, y *D. bosquetiana* (Jones e Hinde, 1890).

Dolocytheridea bosquetiana (Jones e Hinde, 1890).
(Lám. 2, figs. 15-18)

1958, Dolocytheridea? bosquetiana (Jones e Hinde). Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, pág. 321.

1963, Dolocytheridea cf. bosquetiana (Jones e Hinde). Kaye, Mesozoic Cytherideidae, págs. 33-34, lám. 3, figs. 15-16.

Esta forma conocida en el Albense de Alema-

nia, Albense medio y Cenomanense basal de Francia se encuentra en el Cenomanense inferior de Nava y El Caleyó. Los bordes dorsal y ventral son casi paralelos, con el lado anterior muy redondeado y el posterior anguloso y ligeramente redondeado. El tamaño medio de los ejemplares es de 0,85 mm.

Género Schuleridea, Swartz y Swain, 1946.
Schuleridea jonesiana (Bosquet, 1852).
(Lám. 2, figs. 5-6)

1958, Schuleridea jonesiana (Bosquet). Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, págs. 490-491.

1958, Schuleridea jonesiana (Bosquet). Oertli, Aptien-Albien d'Apt, pág. 1.507, lám. 5, figs. 105-113.

1963, Schuleridea jonesiana (Bosquet). Kaye, Mesozoic Cytherideidae, pág. 31, lám. 2, figs. 9-13.

Encontrada en el Cenomanense inferior de Nava y de El Caleyó, esta especie se conoce en diferentes niveles del Cretácico inferior y medio: Albense de Inglaterra, Aptense superior y Albense inferior de Apt y Albense medio y Cenomanense basal de otras localidades francesas. El tamaño de los ejemplares asturianos es algo menor que el de los ingleses y franceses, pues la longitud media es de 0,65 mm.; por lo demás los caracteres esenciales, parece que concuerdan perfectamente con los dados en las referencias indicadas.

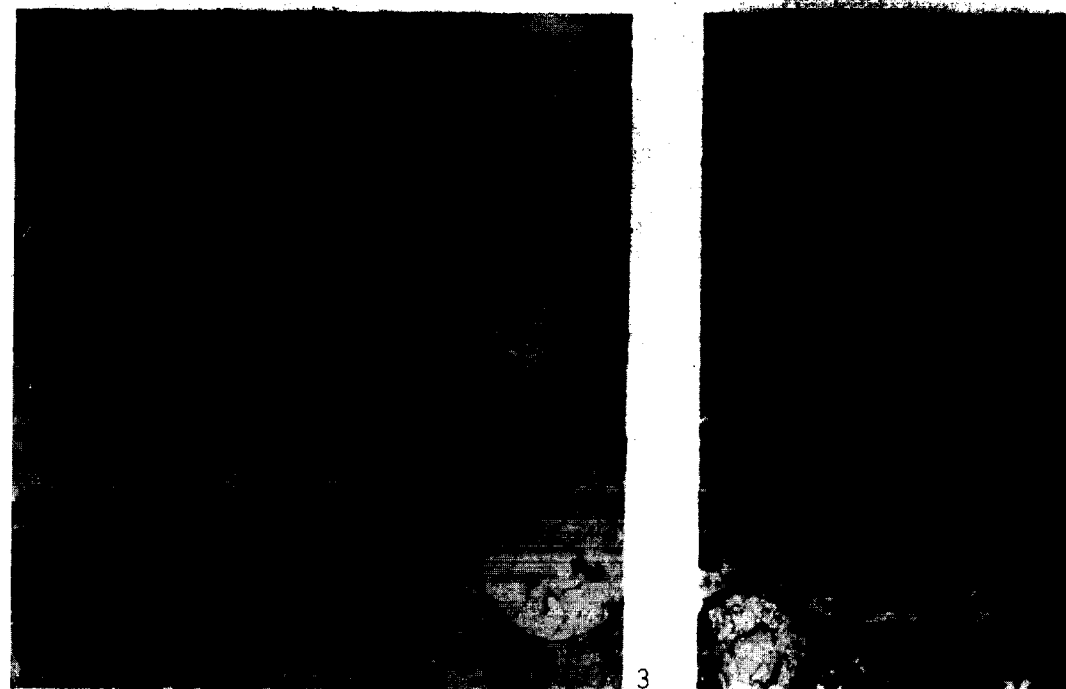
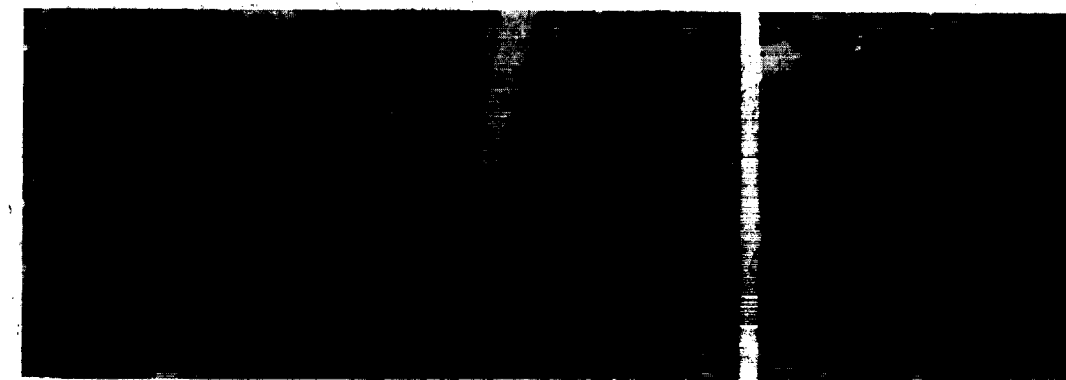
Familia Progonocytheridae, Silvester-Bradley, 1948.

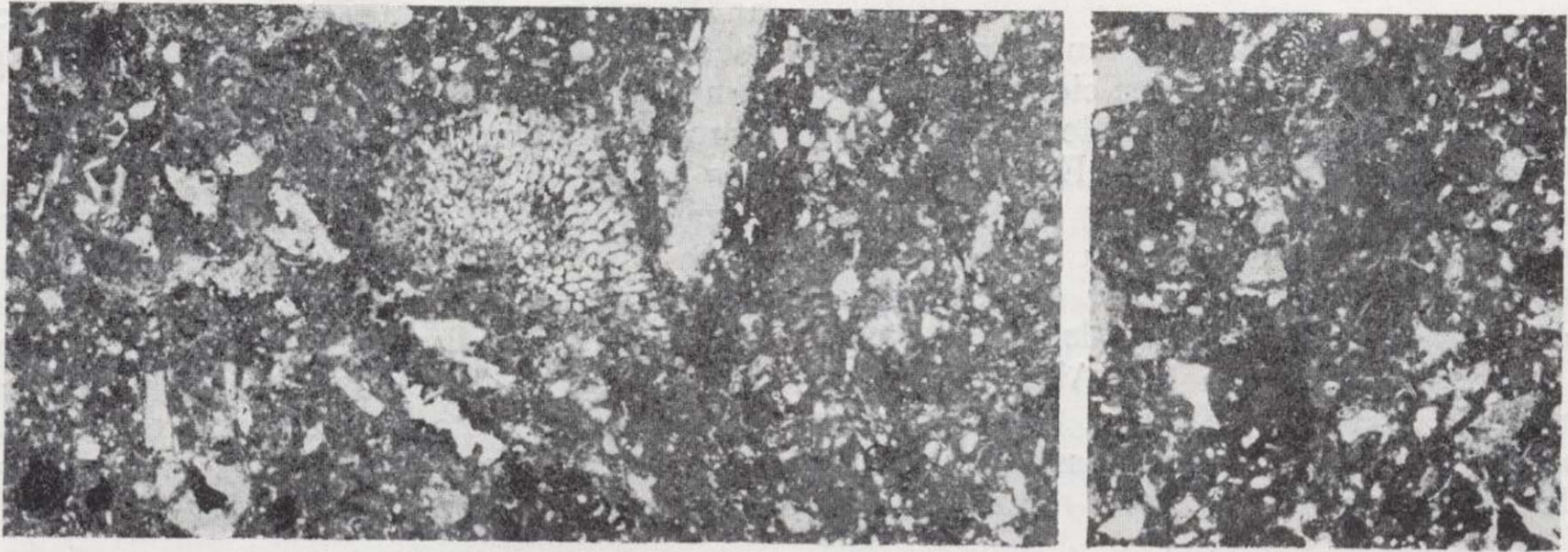
Género Centrocythere, Mertens, 1956.
Centrocythere denticulata Mertens, 1956.
(Lám. 2, figs. 7-10)

1958, Centrocythere denticulata Mertens. Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, págs. 108-109.

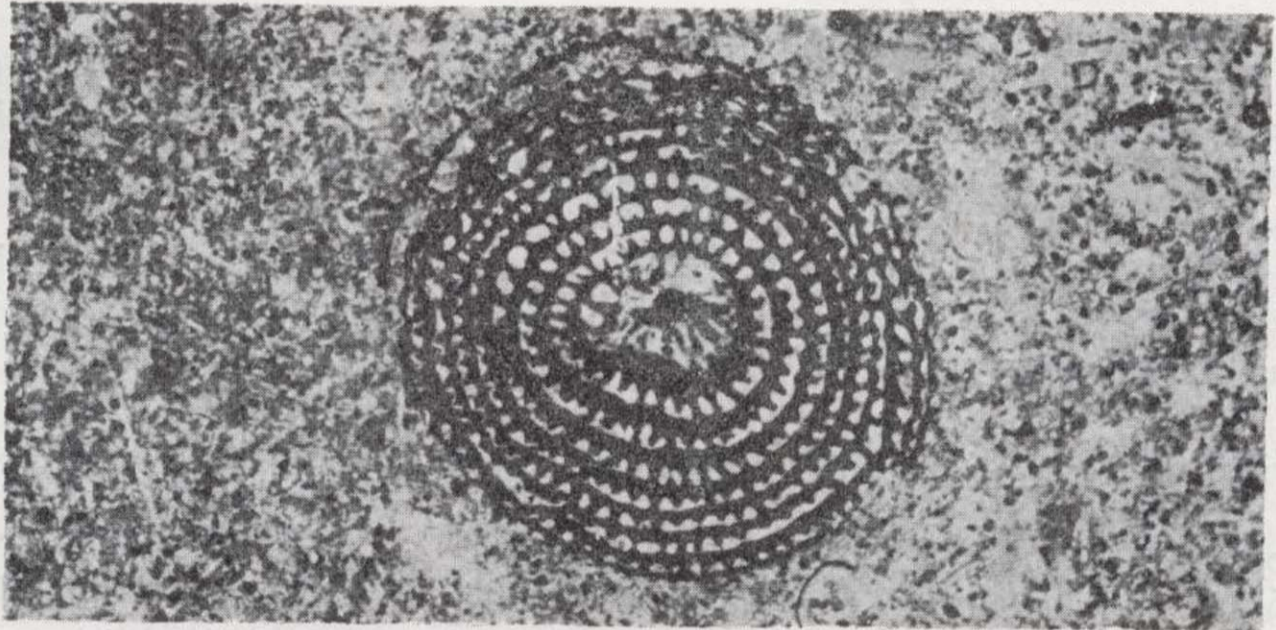
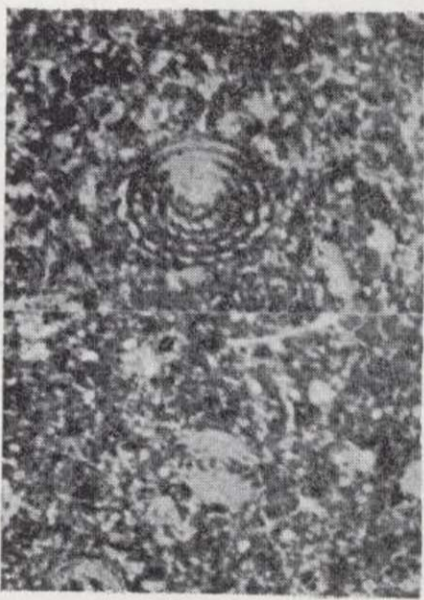
LAMINA 12

1. Calcarenita microcristalina. Biomicrita.
Cuneolina pavonia D'Orb., *Spirocyclina choffati* Mun.-Chalm. (emend. Maync), *Quinque'oculina*, algas Solenoporáreas, restos de Moluscos.
Villameana x 15.
Coniaciense superior-Santoniense.
2. Calcarenita fina, mal clasificada. Biopelmicrita
Lacazina elongata Mun.-Chalm., *Nummofallotia cretacea* (Schlumb.), *Spiroplectanmina*, Briozoos y pequeños restos de Equinodermos.
Bierces I x 15.
Santoniense superior.
3. Congomerado de cantos de calizas (biopelmicritas) del Santoniense. Se observan algunos granos muy gruesos y redondeados de cuarcita. El cemento está constituido por el alga «*Microcodium*».
Bierces I x 15.
Facies Garumn.
4. Dimicrita a caliza pisolítica, con algunos «*Microcodium*».
Las partes más claras corresponden a pequeños cantos de calcarenitas recristalizadas del Santoniense.
Bierces I x 15.
Facies Garumn.

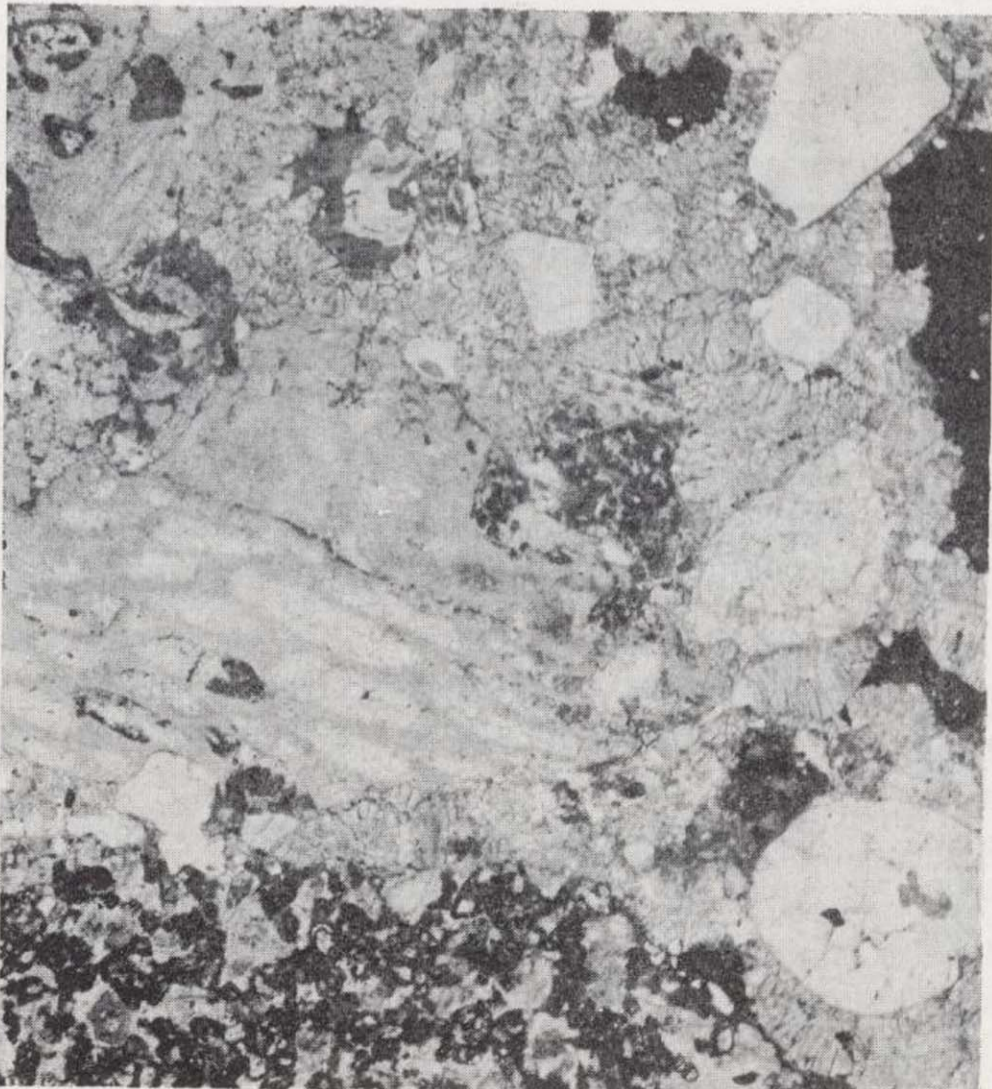




1



2



3



4

1963, *Centrocythere denticulata* Mertens. Oertli, Mesozoïque France, lám. 73 (1) y lám. 76.

Esta especie se caracteriza por su forma oval, algo alargada, teniendo la superficie ornamentada por costillas anchas en forma de media luna, que se cortan en el lado dorsal. Estas costillas están, en detalle, constituidas por pequeñas espinas alineadas. La longitud media de los ejemplares estudiados es de 0,7 mm. La especie se ha descrito en el Albense medio de Alemania, conociéndose también en niveles del Albense medio al Cenomanense basal de Francia. En Asturias se ha observado en el Cenomanense inferior de Nava y de El Caleyo.

Género *Neocythere*, Mertens, 1956.

Neocythere mertensi Oertli, 1958.

(Lám. 1, figs. 27-31)

1958, *Neocythere mertensi* n. sp. Oertli, Aptien-Albien d'Apt, pág. 1.508, lám. 5, figs. 114-122.

1963, *Neocythere mertensi* Oertli. Oertli, Mesozoïque France, lám. 65 (2), lám. 66 (2), lám. 67 (1) y lám. 68.

En varios niveles del Aptense inferior de Peñaferruz, así como en niveles de la misma edad, localizados en el km. 457,350 de la carretera Madrid Gijón, hemos encontrado esta especie, originalmente descrita por Oertli en el Aptense superior de Apt (Gargas). El borde dorsal es rectilíneo en las dos valvas. La descripción detallada puede verse en el trabajo de Oertli (1958). La longitud media de nuestros ejemplares es de 0,5 milímetros.

Familia *Trachyleberididae*, Sylvester - Bradley, 1948.

Género *Cythereis*, Jones, 1849.

Cythereis büchlerae Oertli, 1958.

(Lám. 1, figs. 13-19)

1958, *Cythereis büchlerae*, n. sp. Oertli, Aptien-Albien d'Apt, pág. 1.512, lám. 9, figs. 195-196; lám. 7, figs. 153-169.

En la serie de Peñaferruz y en varios niveles de la misma, se han encontrado ejemplares (en total más de 70) que referimos, sin ninguna duda, a esta forma de Oertli, procedente del Aptense superior de Apt. En general todas las formas españolas se encuentran en niveles algo más bajos que

en Apt., como ya hemos indicado anteriormente en trabajos sobre otras regiones de España (Aguilar, Ramírez y Riba, 1971). En el estudio de Oertli puede encontrar el lector una descripción muy completa de esta especie, por lo que nos limitaremos a reseñar los detalles más característicos. Los lados anterior y posterior se presentan reforzados por un burlete marginal, grueso, que posee numerosas espinas, excepto en la parte postero-dorsal. Los bordes dorsal y ventral son convergentes y algo rectilíneos. En el lado dorsal hay una serie de espinas, generalmente cortas y alineadas. Presenta un tubérculo ocular muy prominente. La longitud de los ejemplares varía entre 0,90 y 1,00 mm.

Cythereis cf. *picofrentensis* Grekoff y Deroo, 1956.

(Lám. 2, figs. 23-24)

1956, *Cythereis picofrentensis*, n. sp. Grekoff y Deroo, Cretácico medio Norte de España, págs. 222-223, lám. 47, figs. 36-37.

Esta especie descrita por sus autores del Cenomanense de Picofrentes, es de pequeña talla (0,60 milímetros de longitud), con la superficie lisa, presentando una costilla ventral compuesta de dos láminas separadas que, en los ejemplares asturianos se presenta poco desarrollada, por lo que se apartan un poco de las características de la especie. Se ha reconocido en el Cenomanense inferior de Nava.

Cythereis aff. *reticulata* (Jones e Hinde, 1890).

(Lám. 2, figs. 3-4)

En el Cenomanense y Turonense de Nava se han encontrado algunas valvas que asignamos, con muchas reservas, a esta especie, que es conocida en el Cenomanense y Albense de otros lugares. La superficie de la concha se presenta ornamentada con el típico retículo de malla gruesa. Es posible que no se trate de la misma forma de Jones e Hinde. Formas semejantes a las asturianas se han reconocido, bajo el mismo nombre específico, en el Cenomanense y Turonense del Valle de Allín (Grekoff y Deroo, 1956, pág. 222).

Cythereis sp. 1 Grekoff y Deroo, 1956.

(Lám. 2, figs. 19-20)

1956, *Cythereis* sp. 1. Grekoff y Deroo, Cretácico medio Norte de España, pág. 224, lámina 47, figs. 42-43.

Especie caracterizada por presentar una ornamentación muy fina, con unos tubérculos largos y raros, diseminados en la zona antero-dorsal. Las formas de Grekoff y Deroo proceden del Cenomanense superior del Valle de Allín, habiendo reconocido nosotros los ejemplares que asignamos a esta especie en niveles del Cenomanense inferior-medio de Nava. La longitud de los ejemplares asturianos es de 0,70 mm.

Género *Platycythereis*, Triebel, 1940.

Platycythereis sp. 1.

(Lám. 1, figs. 32)

En los niveles más bajos del Aptense de la serie de Playa de San Pedro (Antromero) se han reconocido tres ejemplares que pertenecen a este género. Recuerdan a *Platycythereis rectangularis* Oertli 1958, del Aptense superior-Albense inferior de Apt., del que se diferencia por presentar un contorno más rectangular, por su ornamentación más densa y fuerte y por presentar los dientes laminares del lado anterior menos desarrollados. Como en la especie de Oertli, los bordes laterales son rectilíneos y paralelos, especialmente en las formas ornamentadas y ligeramente convexos en las demás. Es muy posible que se trate de una subespecie o variedad de la forma de Oertli. Por otra parte, por el contorno típicamente rectangular de las formas asturianas, se diferencian claramente de *Platycythereis degenerata* Triebel, 1940. La longitud media de nuestros ejemplares es de 0,68 mm.

Platycythereis sp. 2.

(Lám. 2, figs. 25-28)

En el Cenomanense de Nava y Peñaferruz hemos reconocido algunos individuos que asignamos a este género y que no hemos podido determinar específicamente, pues no recuerdan a ninguna de las especies que figuran en la literatura puesta a nuestra disposición. Es posible que se trate de una especie nueva, aunque la documentación de que disponemos no nos autoriza a describirla como tal. La ornamentación es fina, punteada, irregularmente distribuida sobre la superficie de la concha y presenta los dientes laminares en el lado anterior, como es característico del género. El contorno de la concha es algo redondeado, con el borde dorsal formando un ángulo con el lado anterior, que es también redondeado. El borde ventral es rectilíneo o ligeramente sinuoso. Las valvas son aplanadas. En estos últimos detalles recuerda vagamente a *Platycythereis bailliyensis* Stchepinsky, 1954, del Barremiense de Francia, del que se distingue por su ornamentación que es mucho más fina y no reticulada en

nuestros ejemplares. La longitud media es de 0,73 mm.

Familia *Cytherellidae*, Sars, 1866.

Género *Cytherella*, Jones, 1849.

Cytherella cf. *parallela* (Reuss, 1846).

(Lám. 1, figs. 1-4)

1929, *Cytherella parallela* (Reuss). Alexander, Cretaceous North Texas, pág. 50, lám. 1, figs. 13-16.

1958, *Cytherella* cf. *parallela* (Reuss). Oertli, Aptien-Albien d'Apt, pág. 1.501, lám. 1, figuras 1-9.

1963, *Cytherella* cf. *parallela* (Reuss). Oertli, Mesozoïque France, lám. 67 (1), lám. 70 (1 y 2), lám. 71 (1), lám. 72, lám. 73 (1) y lám. 74.

Ejemplares referibles con ciertas dudas a esta especie de Reuss son muy frecuentes en el Aptense de Peñaferruz y en el km. 457,350 de la carretera de Madrid a Gijón, generalmente en la parte superior de las series. Es de forma rectangular, con los ángulos redondeados, bordes dorsal y ventral rectilíneos o ligeramente cóncavos. La longitud media de nuestros ejemplares es de unos 0,65 mm.

En Apt se han encontrado formas idénticas en el Aptense superior-Albense inferior (Oertli, 1958), aunque sabemos que la especie se encuentra también en el Cenomanense de otras regiones del Norte de España (Ramírez del Pozo, 1971) y de Francia (Oertli, 1963). Es frecuente en «Taylor maris» y más rara en la parte superior de «Austin chalk» de Texas (Alexander, 1929).

Cytherella ovata (Roemer, 1840).

(Lám. 1, figs. 5-7; lám. 2, figs. 11-13)

1929, *Cytherella ovata* (Roemer). Alexander, Cretaceous North Texas, pág. 47, lám. 1, figuras 1-2.

1948, *Cytherella ovata* (Roemer). Schmidt, Upper Cretaceous and Lower Eocene of Maryland, Delaware and Virginia, pág. 405, lámina 61, fig. 3.

1958, *Cytherella ovata* (Roemer). Howe y Laurencich, Cretaceous Ostracoda, págs. 251-252.

1958, *Cytherella ovata* (Roemer). Oertli, Aptien-Albien d'Apt, pág. 1.502, lám. 1, figs. 10-29.

1963, *Cytherella ovata* (Roemer). Oertli, Mesozoïque France, lám. 67 (1), lám. 70 (1 y 2), lám. 71 (1), lám. 72, lám. 73 (1) y lám. 76.

Valva ovalada en vista lateral, con el borde dorsal arqueado y el borde ventral muy suave y uni-

formemente convexo hacia abajo. Lado anterior amplia y uniformemente redondeado. Valva derecha más grande y solapando a la izquierda, con solapamientos mayores sobre el borde dorsal. La longitud media de nuestros ejemplares adultos es de 0,80 mm.

Se trata de una especie muy frecuente en el Cretácico europeo (Francia, España, Alemania) y de América (Texas), que a menudo ha sido confundida con otras especies, lo que ha motivado que haya sido citada en muchos niveles estratigráficos, desde el Pérmico al Paleoceno (Howe y Laurencich, 1958). Así Schmidt (1948) la ha mencionado en la Formación Marshalltown de New Jersey, que corresponde al Cretácico superior y Alexander (1929) la cita como frecuente en la parte superior y media de la Formación Goodland, que corresponde al Cretácico inferior. Oertli (1958 y 1963) la menciona en el Aptense, Albense y Cenomanense de Francia. En el Cretácico asturiano se ha reconocido en el Aptense de Peñaferruz y en el Cenomanense de Nava y de El Caleyo.

BIBLIOGRAFÍA

ADARO, L. DE, y JUNQUERA, G. (1916). *Criaderos de hierro de España*; tomo II: *Hierros de Asturias*. «Mem. Inst. Geol. Esp.», 1 vol. texto, págs. 1-610, 35 figs., 12 láms.; 1 vol. lám., 10 láms., Madrid.

AGIP MINERARIA (1959) *Microfacies italiane*, 36 págs. 145 láminas, Milano.

AGUILAR, M. J.; RAMÍREZ DEL POZO, J. y RIBA, O. (1971). *Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel)*. «Est. Geol.», vol. 27, núm. 6, páginas 407-512, Madrid.

ALMELA, A., y RIOS, J. M. (1962). *Investigación del Hullero bajo los terrenos Mesozoicos de la costa Cantábrica (zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa-Infesto)*. Empresa Nac. «Adaro», de Invest. Mineras, 171 págs., 7 láms., 59 figs., 1 mapa, 1 lámina cortes. Madrid.

ALEXANDER, CH. I. (1929). *Ostracoda of the Cretaceous of North Texas*. Univ. of Texas, Bull. núm. 2.907, 137 págs., 10 láms., Austin.

BARROIS, C. (1880). *Memoria sobre el terreno Cretáceo de la cuenca de Oviedo*. «Bol. Com. Mapa Geol. Esp.», volumen 7, págs. 115-150, Madrid.

BASSOULET, J. P. y MOULLADE, M. (1962). *Les Orbitolinidae du Crétacé inférieur de la Sierra du Montsech, province de Lérída (Espagne)*. «Rev. de Micropal.», vol. 5, núm. 2, págs. 104-114, láms. 1-3, Paris.

COLOM, G. (1952). *Los caracteres micropaleontológicos de algunas formaciones del Secundario de España*. «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», tomo 64, págs. 257-344, Madrid.

(1957). *Notas sobre Foraminíferos fósiles*. «Est. Geol.», núm. 33, C. S. I. C., págs. 27-34, Madrid.

(1958). *Additional Genera of the Foraminifera*. «Cont. Cushman Lab. For. Res.», vol. 4, págs. 1-8, lám. 1, Ithaca, New York.

(1937 a). *A monograph of the foraminiferal Family Valvulinidae*. «Sp. Publ. 8, Cushman, Lab. For. Res.», Ithaca, New York.

(1937 b). *A monograph of the foraminiferal Family Verneuilinidae*. «Sp. Publ. 7, Cushman, Lab. For. Res.», Ithaca, New York.

(1946). *Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal region of the United States and adjacent areas*. «U. S. Geol. Surv.», Prof. Paper 206, 241 págs., 66 láms. Washington.

(1948). *Foraminifera, their classification and economic use*. «Harvard University Press.», Cambridge.

CUVILLIER, J. y SZAKALL, V. (1949). *Foraminifères d'Aquitaine. Première partie (Reophacidae a Nonionidae)*. «Soc. Nat. Pét. d'Aquit.», Toulouse.

CUVILLIER, J. (con la colaboración de V. SACAL) (1961). *Stratigraphic correlations by microfossils in Western Aquitaine*. 3.rd edition, 100 lám., «E. J. Brill.», Leiden.

CHAROLLAIS, J. y BRÖNNIMANN, P. (1964). *Première note sur les Foraminifères du Crétacé inférieur de la région genevoise. Sabaudia n. gen.* «Arch. Sc. Soc. Physique et d'Hist. Nat. de Genève».

DAMOTTE, R. y GROSIDIER, E. (1963). *Quelques Ostracodes du Crétacé de la Champagne Humide. 1. Albien-Cénomanien*. «Rev. de Micropal.», vol. 6, núm. 1, páginas 51-66. Paris.

DELOFFRE, R. (1961). *Sur la découverte d'un nouveau Lituolidé du Crétacé inférieur des Basses-Pyrénées; Pseudochoffatella cuvillieri n. gen. n. sp.* «Rev. de Micropal.», vol. 4, núm. 2, págs. 105-107, Paris.

DOUGLASS, R. C. (1960 a). *Revision of the family Orbitolinidae*. «Micropaleontology», vol. 6, núm. 3, págs. 240-270, láms. 1-6, text.-fig. 1-3, 1 tabla. New York.

(1960 b). *The Foraminiferal Genus Orbitolina in North America*. «U. S. Geol. Survey.», Prof. Paper 333. Washington.

ELLIOTT, F. G. (1955). *Fossil calcareous algae from the Middle Eart*. «Micropaleontology», vol. 1, núm. 2, páginas 125-131. New York.

(1965). *The interrelationships of some Cretaceous Codiaceae (Calcareous algae)*. «Palaeontology», vol. 8, part. 2, págs. 199-203. London.

FRIZZELL, D. L. (1954). *Handbook of Cretaceous Foraminifera of Texas*. «Bur. Econ. Geology, Un. Texas, Rep. of Invest.», núm. 22, 232 págs., 21 láms. Austin.

GENDROT, C. (1963). *Quelques Foraminifères nouveaux du Sénonien inférieur des Martigues (Bouches-du-Rhône)*. «Rev. de Micropal.», vol. 6, núm. 1, págs. 67-72, Paris.

GOHRBANDT, K. H. A. (1966). *Some Cenomanian foraminifera from north-western Lybia*. «Micropaleontology», vol. 12, núm. 1, págs. 65-70, láms. 1, New York.

GÓMEZ DE LLARENA, J. (1927). *Algunos datos sobre el Terciario continental de Oviedo*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», vol. 27, págs. 219-220, Madrid.

GRAMBAST, L. (1959). *Extension chronologique des Genres chez les Charoideae*. Soc. édit. Technip, 12 pág. Madrid.

GREKOFF, N. y DEROO, G. (1956). *Algunos Ostracodos del Cretácico medio del Norte de España*. «Est. Geol.», números 31-32, C. S. I. C., págs. 215-235, 2 láms., Madrid.

GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. (1968). *Observaciones sobre el conglomerado cretácico asturiano*. «Brev. Geol. Astúrica», año X, núms. 1-4, Oviedo.

GUTIÉRREZ CLAVEROL, M. y VARGAS ALONSO, I. (1969). *Contribución al conocimiento litoestratigráfico del Cretácico de la zona central de la región asturiana*. «Acta Geol. Hispánica», t. 4, núm. 5, págs. 131-134. Barcelona.

HAMAQUI, M. (1966). *Microfossils from Cenomanian sections in the Negev*. «State of Israel, Geol. Survey, Reports», núm. 3/66 (Pal). Jerusalem.

HENSON, F. R. S. (1948). *Larger Imperforate Foraminifera of Southwestern Asia*. «British Museum» (Natural History). London.

HOFKER, J. jun. (1965). *Some Foraminifera from the Aptian-Albian passage of Northern Spain*. «Leidse Geol. Meded.», 33, págs. 183-189.

MOTTINGER, L. (1967). *Foraminifères imperforés du Mésozoïque marocain*. «Notes et Mem. du Serv. Geol. du Maroc», núm. 209, 169 págs., 20 láms. Rabat.

HOWE, H. V. y LAURENCICH, L. (1958). *Introduction to the study of Cretaceous Ostracoda*. «Louisiana State Univ. Press.», 536 págs., Baton Rouge.

JOHNSON, J. H. (1954). *An introduction to the study of rock building algae and algal limestones*. «Colorado School of Mines Quartely», vol. 49, núm. 2, págs. 1-117, 60 láms.

JULIVERT, M. y TRUYOLS, J. (1969). *Sobre la naturaleza del contacto Cretáceo-Terciario en la zona urbana de Oviedo*. «Brev. Geol. Astúrica», año XII, núm. 2, págs. 17-24. Oviedo.

KARRENBERG, H. (1934). *Die postvarische Entwicklung des Kantabroasturischen Gerbirges (Nordwestspanien)*. «Beitr. z. Geol. West Medit.» (trad. en «Publ. Extr. Geol. Esp.», t. 3, págs. 104-224, 21 figs., 4 láms., Madrid).

KAYE, P. (1963). *The interpretation of the Mesozoic Ostracod Genera of the Family Cytherideidea SARS 1925*. «Rev. de Micropal.», vol. 6, núm. 1, págs. 23-40, Paris.

KONISHI, K. y EPIS, R. C. (1962). *Some early Cretaceous calcareous algae from Cochise Country, Arizona*. «Micropaleontology», vol. 8, núm. 1, págs. 67-76, 1 lám. New York.

LUCAS, G. y MONTENAT, CH. (1967). *Observations sur les structures internes et le développement des Microcodium*. «Bull. Soc. Geol. France», t. 9, núm. 6, págs. 909-918, Paris.

LLOPIS LLADÓ, N. (1950). *Mapa Geológico de los alrededores de Oviedo, Escala 1:25.000*. «Serv. Geol. del I. D. E. A.», Oviedo.

(1956). *Sobre el Cretáceo de los alrededores de Oviedo*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», t. 57, págs. 257-300, 5 figs., Madrid.

(1957). *Ei Terciario continental de los alrededores de Oviedo*. «Est. Geol.», t. 14, núm. 35-36, C. S. I. C., págs. 287-304, 4 figs. 1 lám., Madrid.

(1965). *Estudio geológico de la región del Norte de Llanera (Oviedo)*. «Bol. Inst. Geol. Min. Esp.», t. 76, págs. 143-232, 21 figs., 2 láms., 1 mapa, Madrid.

MALLADA, L. (1904). *Explicación del Mapa Geológico de España, t. 5: Sistemas Infracretáceo y Cretáceo*. «Mem. Com. Mapa Geol. Esp.», 515 págs., 103 figs., Madrid.

MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A. (1968 a). *Características de la discordancia mesoterciaria en la ciudad de Oviedo*. «Rev. Fac. Cienc. Univ. Oviedo», vol. 9 (nueva serie), núms. 1-2, págs. 215-218, 2 figs., Oviedo.

(1968 b). *Rasgos geológicos y geotécnicos de la zona urbana de Oviedo*. «Doc. de Inv. Geol. y Geotec. Lab. Geol. Esc. Minas», núm. 8, 4 págs., 1 mapa, Oviedo.

MAYNC, W. (1949). *The foraminiferal genus Choffatella Schlumberger in the Lower Cretaceous (Urgonian) of the Caribbean Region (Venezuela, Cuba, México and Florida)*. «Eclog. Geol. Helv.», vol. 42, págs. 529-547, 2 láms.

(1959). *The foraminiferal genera Spirocyclina and Iberina*. «Micropaleontology», vol. 5, núm. 1, págs. 33-68, 8 láms., New York.

MELÉNDEZ, B. (1944). *Las formaciones del infracretáceo de Asturias*. «Not. y Comunic. Inst. Geol. Min. Esp.», t. 13, págs. 181-216, Madrid.

(1944). *Yacimientos de lignito Cretácico en Asturias*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. 43, Madrid.

MENGAUD, L. (1920). *Recherches géologiques dans la région cantabrique*. «Imp. Vve Bonnet», 370 págs., 87 figs., 21 láminas, Toulouse.

MOORE, R. C. (1961). *Treatise on Invertebrate Paleontology, part. Q, Arthropoda 3*. «Geol. Soc. Amer. and Univ. Kansas Press» págs. Q-1-Q-442, New York.

(1964). *Treatise on Invertebrate Paleontology, part C, (2 vols.) Protista 2*. «Geol. Soc. Amer. and Univ. Kansas Press.», págs. C-1 - C-900, New York.

MOULLADE, M. (1960). *Les Orbitolinidae des barrémiens de la Drôme*. «Rev. de Micropal.», vol. 3, páginas 188-198. 3 láms., Paris.

NEUMANN, M. (1963). *Contribution a l'étude stratigraphique et micropaleontologique de l'île Madame (Charente Maritime) I. Cenomanien inférieur*. «Rev. de Micropal.», volumen 5, núm. 4, págs. 235-250, Paris.

(1965). *Contribution a l'étude de quelques Lituolidés du Cénomanien de l'île Madame (Charente Maritime)*. «Rev. de Micropal.», vol. 8, núm. 2, págs. 90-95, Paris.

OERTLI, H. J. (1958). *Les Ostracodes de l'Aptien-Albien d'Apt*. «Rev. Inst. Franç. du Pétr.», vol. 13, núm. 11, págs. 1.499-1.537, Paris.

(1963). *Faunes d'Ostracodes du Mésozoïque de France*. «E. J. Brill.», Leiden.

PIA, J. (1936). *Calcareous green algae from the Upper Cretaceous of Tripoli (North Africa)*. «Journal of Paleont.», vol. 10, págs. 3-13, Tulsa, Oklahoma.

RAMÍREZ DEL POZO, J. (1968). *Nota sobre la base del Terciario no marino de los alrededores de Infesto (Asturias)*. «Brev. Geol. Astúrica», año 12, núm. 3, págs. 10-11. Oviedo.

(1969 a). *Nota acerca de la Estratigrafía del Cretá-*

- cico de los alrededores de Infiesto (Asturias). «Brev. Geol. Astúrica», año 13, núm. 1, págs. 1-6, Oviedo.
- (1969 b). *Nota sobre la bioestratigrafía del Cretácico de Nava (Asturias)*. «Brev. Geol. Astúrica», año 13, núm. 3, págs. 25-31, Oviedo.
- (1969 c). *Bioestratigrafía y Paleogeografía del Jurásico de la costa asturiana (Zona de Oviedo-Gijón-Villaviciosa)*. «Bol. Geol. Min.», tomo 80, núm. 4, págs. 19-44, 22 figs., 5 láms., Madrid.
- (1969 d). *Síntesis estratigráfica y micropaleontológica de las facies Purbeckiense y Wealdense del Norte de España*. Ediciones CEPESA, S. A., 68 págs., 22 figs. 2 tablas, 12 láms., Madrid.
- (1971) *Bioestratigrafía y microfacies del Jurásico y Cretácico del Norte de España (Región Cantábrica)*. «Mem. Inst. Geol. Min. Esp.», tomo 78 (3 vols.), 357 páginas, 50 figs., 19 cuadros, 141 láms., Madrid.
- REGUERAL, J. G. y GÓMEZ DE LLARENA, J. (1926). *Hallasgo de restos fósiles de un mamífero terciario en Oviedo*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», vol. 26, págs. 399-406, 3 figs., Madrid.
- REICHEL, M. (1936-37). *Etude sur les Alveolines*. «Mém. Soc. Paleont. Suisse», vol. 57 y 59, Bâle.
- REISS, Z. (1957). *Occurrence of Nezzazata in Israel*. «Micropaleontology», vol. 3, núm. 3, págs. 259-262. New York.
- RINCÓN, R. (1969 a). *El Cretácico de la Cuenca de Oviedo*. «Seminarios de Estratigrafía», Univ. Madrid, Dep. Estratigr., núm. 1, págs. 3-9, Madrid.
- (1969 a). *Descripción lito-estratigráfica de la serie tipo cretácica del Valle del Güeña (Oriente de Asturias)*. «Brev. Geol. Astúrica», año 13, núm. 1, págs. 7-10, Oviedo.
- ROYO Y GÓMEZ, J. (1927). *Découvertes de restes de Palaeotherium magnum dans la Peninsule Ibérique*. «C. R. Soc. Geol. France», núm. 3, págs. 25-27, Paris.
- SCHLUMBERGER, M. CH. (1899). *Note sur quelques foraminifères nouveaux ou peu connus du Crétacé d'Espagne*. «Bull. Soc. Geol. France», t. 27, págs. 456-465, Paris.
- SCHMIDT, R. A. M. (1948). *Ostracoda from the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Maryland, Delaware and Virginia*. «Journ. of Paleont.», vol. 22, núm. 4, págs. 389-341, Tulsa, Oklahoma.
- SCHROEDER, R. (1962). *Orbitolinen des Cenomans Südwesteuropas*. «Paläont. Z.», núm. 36, págs. 171-202, Stuttgart.
- (1963 a). *Grundlagen einer Orbitoliniden-Biostratigraphie des tieferen Urgons im pyrenaisch kantabrischen Grenzgebiet (Nordspanien)*. «N. Jb. Geol. Paläont.», número 6, págs. 320-326, Stuttgart.
- (1963 b). *Palorbitolina, ein neues Subgenus der Gattung Orbitolina (Foram.)*. «N. Jb. Geol. Paläont.», número 117, págs. 346-359, Stuttgart.
- (1964 a). *Orbitoliniden-Biostratigraphie des Urgons nordöstlich von Teruel (Spanien)*. «N. Jb. Geol. Paläont.», Mh. núm. 7 págs. 462-474, Stuttgart.
- (1964 b). *Communication préalable sur l'origine des Orbitolines*. «C. R. Soc. Geol. France», núm. 10, págs. 411-413, Paris.
- (1965). *Dictyoconus pachymarginalis n. sp. aus dem Apt des Elburz-Gebirges (Nord-Iran) (Studien über primitive Orbitolinidae III)*. «Ecl. Geol. Helv.», vol. 58, núm. 2, págs. 975-980, 2 láms. Bâle.
- (1968). *Sobre algunos foraminíferos del Valanginiense de la Sierra de Valdancha (provincia de Castellón)*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)», vol. 66, págs. 311-316, 2 láms., Madrid.
- SCHROEDER, R. y WIENANDS, A. K. (1966). *Über die marine Unterkreide der asturischen küste (Nord-Spanien)*. «N. Jb. Geol. Paläont.», vol. 117, págs. 346-359, Stuttgart.
- SCHULZ, G. (1858). *Descripción geológica de la provincia de Oviedo*. 138 págs., 1 fig., 1 mapa, Madrid.
- SIGAL, J. (1952). *Aperçu stratigraphique sur la micropaleontologie du Crétacé*. XIX congrès Géologique International Mon. Reg. Ière série, núm. 26, Algérie.
- SILVESTRI, A. (1932). *Foraminiferi del Cretaceo della Somalia*. «Paleont. Italica», vol. 2, 32, págs. 143-204, Pisa.
- TEDESCHI, D., y PAPETTI, I. (1964). *On the occurrence of Pseudolituonella in Libya*. «Rev. de Micropal.», vol. 7, núm. 3, págs. 180-187, Paris.
- TRIEBEL, E. (1940). *Die Ostracoden der deutschen Kreide. 3. Cytherideinae und Cytherinae aus der Unteren Kreide*. «Senckenbergiana», vol. 22, págs. 160-227, láms. 1-10.
- (1941). *Zur Morphologie und Ökologie der fossilen Ostracoden*. «Senckenbergiana», vol. 23, núm. 4-6, páginas 294-402.
- VAN MORKOVEN, F. P. C. M. (1962). *Post-Paleozoic Ostracoda* (2 vol.), «Elsevier Publishing Co.», Amsterdam.
- VARGAS, I. (1967). *Litoestratigrafía del Cretácico de Nava*. «Brev. Geol. Astúrica». Mem. y Com. de la IV Reunión del Grupo Español de Sedimentología, t. II, págs. 79-93, Oviedo.
- VERNEUIL, A. (1849). *Sur le terrain crétacé et le terrain nummulitique des Asturies*. «Bull. Soc. Geol. France», Paris.

Recibido: 26-X-1971.

Tectónica global (*)

por W. R. DICKINSON (**)

RESUMEN

El autor nos relata los temas tratados en la reunión, de alto nivel en materia geológica, que tuvo lugar, como conferencia Penrose, en California, a fines de 1969, para examinar y tratar de definir las relaciones entre la tectónica global y los fenómenos de metamorfismo, sedimentación y magmatismo en los cinturones orogénicos.

Desarrolla, primeramente, una historia esquemática de las teorías precedentes y de los nuevos hallazgos que, como consecuencia de la modificación de aquéllas y la agregación de éstos, han dado lugar al establecimiento de la nueva idea de la tectónica global.

Explica el curso del descubrimiento, evolución y agregación de las nuevas ideas o hechos.

Expone, según se discutió allí, el modelo global de placas tectónicas, las absorciones o subducciones, así como la compresión de material entre ellas.

Se ocupa, finalmente, de las conclusiones a que se llegó en relación con las pilas sedimentarias y los cinturones orogénicos.

ABSTRACT

The author reports on the results achieved by the participants on the Penrose Conference held end of December 1969, in California. Its purpose was to examine and try to define the relations between the global tectonics and the sedimentation, metamorphism and magmatism in the orogenic belts.

Firstly describes summarily the former theories and the new findings that, as a consequence of the modification of the theories and the aggregation of the findings have given birth to the new ideas of global tectonics.

Secondly explains the finding, evolution and coordination of the new facts and ideas.

Lastly explains, according to the discussions, the global model of tectonic plates, the subductions, and the compression of the materials in between. And the conclusions reached as to how are related the sedimentary piles, the orogenic belts and the plates within the concepts of global tectonics.

Entre los días 15 y 20 de diciembre de 1969 tuvo lugar en Asilomar, Pacific Grove, California, una conferencia Penrose, convocada por la Geological Society of America, cuyo objeto era la discusión «del significado y trascendencia de la nueva tectónica global con respecto al magmatismo,

sedimentación y metamorfismo en los cinturones orogénicos».

Hace sólo uno o dos años que este modo tectónico alcanzó su presente y coherente forma, mediante una elegante síntesis de imaginación y claridad sin precedentes, que sucedió a 5-10 años de observación y análisis. Las nuevas interpretaciones de los problemas orogénicos que fueron discutidas en la Conferencia se basan sobre la bien documentada teoría de que la litosfera terráquea, una corteza relativamente firme de quizás 100 ± 50 km. de grosor, compuesta por la corteza propiamente dicha, más alguna parte, infrayacente a aquélla, del manto superior, está segmentada en cierta cantidad de placas semirígidas e intactas,

(*) Traducido directamente por J. M.ª Ríos, del original en inglés, titulado «Global Tectonics», aparecido en la revista «Science», publicada por la American Association for the Advancement of Science, vol. 168, núm. 3936, de 5 de junio de 1970. La publicación en lengua española ha sido amablemente autorizada por el autor y por el editor de la revista «Science». © 1970, A. A. A. S.

(**) Stanford University, Stanford, California.

cuyas dimensiones laterales son del orden de 10^3 - 10^4 km. Estas placas mantienen movimientos relativos las unas con respecto a las otras, de los que se sabe que han estado sujetos a esquemas geométricos sorprendentemente consistentes durante períodos de tiempo del orden de 10-100 millones de años, al menos en el pasado inmediato. Cuando se toman en consideración períodos de tiempo más largos se obtienen pruebas de inferidas reorganizaciones de los esquemas de movimiento. La teoría abarca, pero excediendo sus límites, las ideas más sencillas, pre-existentes, de derivas o migraciones continentales y de extensión sobre los fondos marinos, ninguna de las cuales es, en sí misma, totalmente satisfactoria, pero ambas son explicables como corolarios ineludibles del modelo de placas.

Una hipótesis total de las derivas continentales ofreció Wegener en 1912. Durante décadas fue rechazada por muchos geólogos, que no podían aceptar el concepto que más espontáneamente surgía en las mentes, es decir, el de «navíos», constituidos por masas de costra continental, que abrían su camino «arando» a través de un mar pasivo de costra oceánica. Incluso así hubo muchos geólogos, en el hemisferio meridional, que encontraron aceptable la idea, no obstante la dificultad para explicarla, como consecuencia de que determinadas y sorprendentes semejanzas durante la historia geológica temprana de los continentes meridionales, resultaban, de otra manera, incomprensibles. En 1958 publicó Carey, en Tasmania, un trabajo que contribuyó a revivir el interés general por las derivas continentales a la escala del Globo, al subrayar las posibles influencias ejercidas por los esquemas migratorios en la geometría e historia de los cinturones orogénicos en todo el globo terráqueo. Runcorn en Inglaterra y cantidad de otros geólogos, habían afirmado en años precedentes, la idea de las migraciones, al mostrar que las orientaciones del magnetismo remanente en rocas de diversas edades, y en diversas partes del globo, sugerían vivamente el hecho de que es seguro que los distintos continentes habían ocupado diversas posiciones con respecto a los polos magnéticos de la Tierra. Además, la conciliación de las discrepancias magnéticas, observadas de continente a continente, parece que requiere la admisión de que haya habido entre ellos movimientos relativos a lo largo del transcurso de los tiempos.

El concepto de extensión de los fondos marinos acompañada por algún vulcanismo de la costra y del manto superior tiene también una larga historia, pero su significado preciso le fue dado en nuestra época por Hess (Princeton), en 1962. Tuvo la ventaja de poder aprovechar los resultados de la investigación oceanográfica de la pos-

guerra, que mostró una notable paucidad de sedimentos en las cuencas oceánicas hasta ahora consideradas por algunos como antiguos receptáculos estables; disponía también de los datos de Ewing y Heezen, de Lamont-Doherty (Columbia), que indicaban la continuidad, antes insospechada, de las dorsales oceánicas medias, a lo largo de las cuales se aceptaba la posibilidad de intervención de alguna clase de alzamiento o abultamiento. Dietz explicó, a partir de 1961, en una serie de publicaciones, las posibles implicaciones que podía plantear la extensión de fondos marinos con respecto a los procesos orogénicos en las márgenes continentales, llamando así la atención hacia un proceso de revolución en gestación, que atañe a posibles nuevas interpretaciones para explicación de origen de los cinturones orogénicos. En su versión popular, tal concepto de extensión sobre los fondos marinos dio la base, por algún tiempo, para imaginar la deriva continental en términos de que una escoria ligera era arrastrada e implicada en el juego entre células de convección, actuantes en el manto, bajo los océanos. Pero este concepto tropieza con una manifiesta dificultad. Aunque algunas márgenes continentales se acusen como tectónicamente activas, con predominio de arrugadas rocas de edades muy jóvenes, otras parecen haber permanecido estables y exentas de trastornos durante largos períodos de tiempo.

El trenzado de ambos cabos o líneas de pensamiento, deriva continental y extensión sobre fondos marinos, en el contexto de la teoría compuesta de tectónica de placas, había sido introducido por dos caminos o tendencias de investigación, que parecen no guardar relación, y que fructificaron hace menos de diez años. Por una parte Mason y Raff (Scripps, San Diego) mostraron que extensas áreas del piso oceánico fuera (offshore) de nuestra costa occidental se caracterizaban por anomalías magnéticas lineales alternantes en forma sucesiva, de carácter positivo o negativo, dispuestas en despliegues de fajas paralelas de signos contrarios. Sus observaciones iniciales fueron confirmadas después en otras regiones por otros muchos investigadores.

Mientras tanto los investigadores del paleomagnetismo habían descubierto que la polaridad del campo magnético terrestre ha resultado invertida, a intervalos, en tiempos pasados. Hacia 1963. Cox y Dalrymple (U. S. Geological Survey) habrían logrado medir edades de rocas usando la técnica K-Ar, y establecer una escala cuantitativa preliminar para algunas de las últimas inversiones principales.

Poco después, Vine y Matthews (Cambridge) en 1963, a, independientemente, Morley y Laroche (Ottawa), en 1964, se dieron cuenta de que

las bandas de anomalías magnéticas de los océanos se disponían de manera bastante axo-simétrica con respecto a los arrumbamientos, de carácter generalmente linear, de las dorsales oceánicas medias. Dieron a conocer, mediante publicaciones, su sospecha de que las bandas se originaban por incrementos corticales emplazados en las crestas de las dorsales, como consecuencia del enfriamiento experimentado al pasar por el punto de Curie, en los cambios de épocas de polaridades distintas; quedaban consecuentemente divididas en dos, y desplazadas lateralmente por un esquema de movimiento sostenido por una extensión duradera del fondo marino. En 1965, Vine (ahora en Princeton) y J. Tuzo Wilson (Toronto), parecieron confirmar tal hipótesis, al mostrar que el espaciado lateral relativo de las bandas positivas y negativas más centrales, con respecto a las dorsales oceánicas medias, y a lo largo de ellas, resulta considerablemente proporcional a la duración de los períodos de tiempo, llegando, por caminos independientes, a este conocimiento de las últimas épocas de polaridades normales e inversas. Wilson dio el empujón crítico, también en 1969, a la síntesis en curso de elaboración, mediante su concepto de fallas transformantes (transform faults), fenómenos de carácter transversal, de deslizamiento en el sentido del rumbo, de carácter lineal, que establecen la relación causal entre regiones donde la costra está siendo creada a lo largo de dorsales o, por el contrario, absorbida y consumida en fosas. El análisis crítico que acompañaba a la exposición referente a las implicaciones orogénicas de las nuevas ideas, constituía casi un anteproyecto del desarrollo que tuvieron después.

Durante 1967 y 1968 se publicó una verdadera avalancha de trabajos que documentaron las delimitaciones de las placas, así como sus movimientos en el pasado reciente, tal como quedaban puestos de manifiesto por las ubicaciones de los ejes de extensión de los fondos marinos, especialmente de las bandas de anomalías, orientaciones de las fallas transformantes y ubicación y comportamiento de las regiones terráneas sísmicamente activas, constituyentes de fajas lineales y curvilíneas situadas a lo largo de las juntas entre placas. Margon (Princeton), Mc. Kenzie (Cambridge) y Parker (Scripps), describieron, por inferencia, la naturaleza de la geometría de los movimientos, relacionándola con los rasgos estructurales de orden mayor. Le Pichon, Heirtzler, y colegas de Lamont-Doherty (Columbia) reunieron cantidades de datos acerca de las anomalías magnéticas, sus orientaciones, correlaciones y espaciados, coordinando el todo en un análisis integral de valores de divergencias de placas, en los alzamientos, y de convergencia, en las fosas.

La confirmación más convincente de tales ideas tuvo lugar cuando Isacks, Oliver y Sykes, en Lamont-Doherty (Columbia), analizaron una serie de datos sismológicos, a escala mundial. Tanto las localizaciones de focos de sismos como los sentidos de los movimientos primeros, calculados para sismos representativos, parecían llevar a unas mismas conclusiones, en lo referente a los movimientos de las placas, en coincidencia con los restantes métodos de investigación. Marcaron 30.000 epicentros de movimientos sísmicos en el globo terráqueo, que revelaron los contornos de las placas litosféricas de orden mayor y mostraron que la mayor parte incluyen tanto áreas oceánicas como continentales. Fue quizás la incapacidad de reconocimiento de este hecho de inclusión de las áreas volcánicas, lo que constituyó quizás el principal factor u obstáculo que ocasionó a los migracionistas clásicos, ajenos a tal hecho, a tantas dificultades teóricas con que tropezaron en tiempos pasados.

El concepto, fundamentalmente movilista, que surge de las investigaciones de esta última década, desafía todas las teorías orogénicas que descansan sobre conceptos fijistas. El modelo de placas tectónicas explica la formación de cinturones orogénicos, en los que tiene lugar la mayor proporción de constitución de orógenos y deformación de rocas, como aquellas regiones, estrechas y alargadas, de contacto entre placas o segmentos de la litosfera sujetos a movimiento.

Tales juntas, lineales o curvilíneas, son de tres clases. Donde las placas divergen, la ascensión de magmas y el vulcanismo constituyen litosfera nueva, dotando de costra oceánica a las estelas de las placas en curso de separación, hasta constituir abultamientos típicamente intraoceánicos, tales como la dorsal media del Atlántico. Donde las placas resbalan lateralmente unas con respecto a otras, a lo largo de fallas transformantes en sistemas de fracturas deslizantes al rumbo, se originan deformaciones complejas próximas a los bordes de las placas adyacentes, con estructuración lineal de corteza transformada y fallada, tales como las zonas de fracturas oceánicas, o las Cadenas Costeras de California, adyacentes a la falla de San Andrés. Donde las placas convergen la geometría requiere que una monte sobre la otra de alguna manera, es decir, la acabalque; de aquí que algunas de las rocas corticales que quedan vecinas a la región, o bien, desaparezcan de la superficie, o experimenten algún arrugamiento lateral intenso. El modelo tectónico de placas implica claramente que la energía mecánica disponible para producir procesos orogénicos, bien directamente por deformación de rocas, bien indirectamente, por conversión en calor, es máxima a lo largo de las juntas convergentes. Como de-

mostró Dewey (Cambridge) también los puntos de apoyo de índole empírica sustentan esta opinión.

Si consideramos el aspecto estrictamente cinemático de los movimientos relativos entre las placas convergentes y las juntas entre ellas comprendidas, vemos que pueden ser considerados como hundimientos o depresiones, atendiendo al hecho de que las dimensiones areales de una o de las dos placas superficiales adyacentes, quedan mermadas, puesto que hay reducción de litosfera, por recubrimiento parcial o por arrugamiento de las láminas, por eliminación como consecuencia de descenso en el manto más profundo, o destrucción mediante algún otro modo no especificado que la elimina como entidad superficial. Se piensa que el proceso dominante consiste realmente en el descenso de litosfera, junto con una cobertura de delgada costra oceánica, en la vecindad de las fosas intraoceánicas y de las fosas que marginan los continentes. Se piensa también que el transcurso del descenso está señalado por las empujadas zonas sísmicas, de profundo alcance, que se adentran en el manto por debajo de los arcos de islas intraoceánicas, tales como Tonga y Marianas, así como por las cadenas continentales marginales, tales como los Andes, en que cadenas de volcanes de carácter explosivo yacen en disposición paralela con respecto a fosas próximas. Hay casos excepciones, sin embargo, en que litosfera con una cobertura gruesa de costra continental puede funcionar como la placa descendiente de un par convergente, como ocurre en la región himalaya, donde por lo menos parte de la costra continental de la placa de India parece haber pasado por debajo, de al menos parte de la lámina del Tíbet.

La complejidad del acoplamiento telescópico y el parcial recubrimiento de rocas corticales que se observa a lo largo de antiguas juntas entre láminas o placas convergentes, se pusieron de manifiesto claramente en el curso de las discusiones que tuvieron lugar durante la Conferencia. Por consiguiente, la mayor parte de los participantes se pusieron de acuerdo para adoptar un término general, «zona de subducción», que designase cualquier región de índole lineal a lo largo de cuya máxima longitud de desarrollo, rocas corticales hayan sido inducidas a descender con respecto a un bloque adyacente, bien por plegamiento, bien fallamiento o por combinación de ambos. La expresión había sido concebida en su día por los geólogos alpinos y revivida recientemente por el grupo de investigadores de Esso (Houston), como término apropiado para designar un proceso de tanta importancia en los acontecimientos corticales; la presentación del vocablo en la Conferencia fue hecha por D. Roeder. Tal como fue

usado durante ella, a lo largo de discusiones de las relaciones estructurales existentes entre rocas viejas, la voz subducción servía para evitar complicaciones no deseables, sugeridoras de fosa batimétricas, o de extensiones corticales de zona sísmicas inclinadas, que se supone existentes en el manto, o de cualquier otra característica especial que ofrezca relación estrecha, posible pero no necesaria, con las estructuras que se observa en las rocas corticales objeto de discusión.

Muchas de las características geológicas de los cinturones orogénicos que se analizaron surgían de las discusiones iluminadas por nueva luz, al ser tratadas en términos del modelo tectónico de placas. Algunas de entre ellas podemos enunciarlas, como sigue, con las debidas concesiones a complicaciones, excepciones y situaciones atípicas:

1. Las jóvenes cadenas volcánicas andesíticas y los antiguos cinturones metavolcánicos andesíticos pueden ser considerados como la manifestación superficial, de índole eruptiva y tipo lineal, de superficies sísmicas inclinadas existentes en el manto por debajo, y ubican, o ubicaban, típicamente por encima de una región de focos sísmicos de profundidad media, como ya señaló Wadati en el Japón hace una generación. Además, la asimetría transversal que muestran los contenidos totales en álcalis, o en potasa, de las rocas ígneas, en direcciones transversales con respecto al arco, revela el sentido del buzamiento de la zona sísmica, y, por consiguiente, cual sea el lado del arco sobre el que está o estuvo situada la fosa o zona principal de subducción. Tal como subrayó el fallecido profesor Kumo (Tokio), en cantidad de publicaciones, la alcalinidad total de las lavas incrementa con la profundidad de la zona sísmica. Hatherton y yo hemos mostrado que el incremento de alcalinidad consiste en un aumento en el nivel de contenido potásico, mientras que el nivel sódico se mantiene invariable.

2. Tal como ha argumentado sólidamente Warren Hamilton (U. S. Geological Survey), muchos cinturones batolíticos graníticos pueden ser considerados como la fase plutónica de vulcanismo en arcos. Los plutones de regiones tales como la Sierra Nevada tuvieron su emplazamiento probablemente en las raíces de arcos eruptivos y muestran la misma asimetría general transversa, dentro de sus áreas, en lo que se refiere a su contenido total alcalino o potásico, que los arcos volcánicos. Señaló Matsuda (Tokio), que el concepto de frente volcánico o línea paralela a una fosa que marca el borde de un arco eruptivo, puede ser ampliado hasta cubrir el concepto de frente magmático, correspondiente a una línea semejante que siga el borde de las fases intrusivas y extrusivas del magmatismo combinado del arco. En un determinado arco, con larga historia plutónico-vol-

cánica, la posición del frente magmático puede desplazarse, en el transcurso del tiempo, como consecuencia de algún cambio dinámico de la posición de la zona de subducción asociada. Las dataciones radiométricas de los plutones de varios cinturones batolíticos de orden mayor de la región circumpacífica han mostrado también un carácter episódico de fases intrusivas que parecen coordinadas sobre amplias regiones, lo que resulta bastante intrigante.

Las causas de que el plutonismo y el vulcanismo asociado se manifiesten en episodios, la extensión de las áreas que ofrecen correlación de episodios, así como si éstos se presentan con verdadera periodicidad y algún tipo de pulsación regular de actividad, plantean cuestiones apasionantes para futuros trabajos.

3. Los, así denominados, complejos ofíticos u ofiolíticos, o series pseudo-estratigráficas compuestas, en orden ascendente, de serpentinita o peridotita alpina, gabbro, lava almohadillada o brecha basáltica, y silexita o arcillolita, pueden ser considerados como la corteza exterior de la litosfera oceánica, incorporada tectónicamente en las márgenes continentales a los cinturones orogénicos. Algunas masas de este tipo, y, sobre todo las de las zonas más intactas y menos dislocadas, han montado sobre zonas de subducción como partes de un bloque estructuralmente alto en un complejo de empuje cabalgante. Tales masas fueron descritas por Blake (U. S. Geological Survey) en California, por Davies (Australian Bureau of Mineral Resources) en Papua, y por Moores (Universidad de California, Davis) en Chipre. Masas semejantes, recortadas por lo general internamente, o desmembradas por esfuerzos cortantes, han encontrado paso a zonas de subducción estilo fosa, mezclándose allí con otros tipos de rocas. Actualmente se encuentran en cinturones orogénicos ubicados en las juntas entre placas; se piensa que muchos de estos complejos se constituyeron en dorsales oceánicas medias en las juntas entre placas divergentes, en las que se genera principalmente la costra oceánica, desplazándose después a sus actuales ubicaciones como consecuencia de la extensión de los fondos marinos.

4. Tal como señaló Miyashiro, el metamorfismo de las pizarras azules en la zona de altas presiones de los cinturones metamórficos emparejados puede considerarse que refleja el rápido descenso de la litosfera superficial fría, que llega a alcanzar grandes profundidades a lo largo de zonas de subducción de tipo fosa. No obstante el título adoptado para la Conferencia, los procesos metamórficos no fueron objeto de gran atención, pero Coleman (U. S. Geological Survey), Ernst (University of California, Los Angeles), y otros dieron pie a discusiones «improptu» acerca de las

intrigantes relaciones tectónicas de las pizarras azules.

5. Los cinturones intracontinentales por empuje cabalgante de las regiones de Wassatch y Mojave pueden ser considerados como una expresión continental de carácter secundario, de zonas paralelas de subducción estilo fosa, y de arcos con movimientos en sentidos opuestos. Oriol (U. S. Geological Survey) analizó la geometría y relaciones temporales que caracterizan el cinturón, por empuje, del Mesozoico final y Terciario temprano de Idaho-Wyoming y encontró que acordaban con sus contrapartidas en Canadá, pero no con los modelos gravitativos propuestos. La relación geométrica del cinturón con respecto a Sierra Nevada, más o menos coetánea, tal como fue reconstruida por Hamilton y Myers, asemeja a la que indicó Hamilton para el cinturón de edad cenozoica por empujes cabalgantes, de los somontanos orientales del moderno arco volcánico andino. Burchfiel (Rice) y Davis (University of Southern California), pusieron de manifiesto el hecho de que cinturones de este tipo, opuestos, pueden constituir los elementos estructurales de orden mayor de un orogeno bilateral, con una fosa a un costado y un cinturón continental cabalgante al otro.

De las discusiones surgió la importante impresión de toma de conciencia del problema que plantea la nomenclatura de los elementos tectónicos y de las facies estratigráficas de los cinturones orogénicos, problema que exige revisión y evolución renovadas.

El concepto de la teoría geosinclinal que mantiene, «grosso-modo», que la deformación de gruesos espesores de sedimentos en un cinturón de tipo lineal precede a y predestina las orogénesis, debe ser traducido a un nuevo marco conceptual. Los criterios de los tiempos pasados se han apoyado, sobre todo, en los conceptos de series eugeosinclinales y miogeosinclinales, que se suponen depositadas en áreas contiguas de un gran único surco, o en fosas complejas paralelas, que son las precursoras de los cinturones orogénicos. Los conjuntos eugeosinclinales se conciben corrientemente como ricos en rocas volcánicas y en depósitos de turbidez de aguas profundas; se acepta que experimentan deformación intensa temprana intrusión plutónica. Las series miogeosinclinales, en contraste con aquéllas, carecen de rocas volcánicas y experimentan menor grado de deformación, que corresponde además a un tipo más superficial. Es posible identificar, al menos, tres tipos de cada asociación, con respecto a análogos modernos susceptibles de ser relacionados con la geometría correspondiente a la actual teoría de placas.

Un tipo de serie eugeosinclinal que, como la

asociación «franciscana» de California, puede ser considerado como un complejo de fosa y caracterizado por presentar mezclas portadoras de grauvacas con turbideces detríticas, generalmente sujetas a efectos cortantes, de la que resultan combinaciones mixtas, deposicionales y tectónicas, con estratos de piso marino procedente de la zona fuera de costa, inclusivos de lavas almohadilladas de costra oceánica. Tales series no se constituyen como superposiciones estratigráficas corrientes, sino que se amontonan tectónicamente durante épocas como consecuencia de deslizamientos sucesivos de los materiales en una fosa, al pie de su muro interno. Su generalizada reformación cortante y las discontinuidades estratigráficas presentes dentro de las mezclas, han sido ampliamente descritas por Hsu (Zurich), quien condujo una excursión previa a la Conferencia, a manifestaciones presentes a lo largo de la costa, próxima a la localidad en que tuvo lugar aquélla.

Un segundo tipo de secuencia eugeosinclinal, quizás el tipo más familiar, puede ser denominado complejo arqueado, y reconocido por sus estratos en gran medida volcanoclásticos, andesíticos y dacíticos, intruidos por plutones graníticos, en parte orogénicos. Tales series no se acumulan en un surco topográfico, sino que se apilan hasta alcanzar eventualmente espesores grandes, mediante subsidencia progresiva. Series de este tipo fueron descritas por Markhinin en las islas Kuriles. Las facies varían entre marinas someras e incluso subaéreas en la vecindad de centros volcánicos de este carácter, hasta marinas profundas, en las cuencas-bloque entre volcanes. Una tercera clase de series, a la que se denomina localmente geosinclinal, se compone de lutitas de fondo marino y turbiditas distales, y se deposita sobre costra basáltica en aguas profundas, más allá de los declives continentales de las márgenes estables.

Se puede denominar complejo de terraza continental a un tipo de serie miogeosinclinal (miogeoclinal de Dietz), que se integra por los sedimentos constituidos principalmente en aguas someras al borde de un margen continental estable. Tales cuñas sedimentarias pueden diferir poco, en lo referente a facies, de los depósitos de plataforma, pero pueden alcanzar grandes espesores, especialmente cuando se constituyen en disposición transversal con respecto al borde, en proceso de hundimiento, de un continente. Desgarres asociados con la apertura de un nuevo océano, originan adelgazamiento de la corteza, que se estira y da lugar a la división. Un segundo tipo de serie miogeosinclinal, como ocurre con la serie de Great Valley de California, se acumula como detritus, procedentes principalmente de erosión a partir de un arco magmático, adyacente y paralelo, y se depositan en alargadas trampas para se-

dimentos, que se sitúan entre el arco y la fosa. El ámbito de deposición puede estar constituido por una repisa, un flanco o un surco, que ocupen tal posición tectónica, separado de la fosa por un cresta batimétrica del basamento, del tipo que describió Karing (Scripps) en la parte alto de los muros interiores de fosas, señalándolo como un elemento tectónico de muchos sistemas modernos arco-fosa.

Un tercer tipo de serie, denominado miogeosinclinal por algunos y exogeosinclinal por Kay, es el complejo clástico en cuña de antifosa de que tenemos ejemplo en el Cretáceo del interior continental, y en el Devoniano de los Appalaches septentrionales. Tales series se depositan en profundidades variables de agua, en surcos asociados aparentemente con zonas secundarias de subducción.

A la vista de estas interpretaciones ¿En qué queda la idea de que la deformación geosinclinal presagia el inicio eventual de la orogénesis y define su extensión eficaz? En el caso de las primeras clases de series eugeosinclinales y en el de las dos últimas miogeosinclinales, la sedimentación es sencillamente parte de un proceso en curso, de desarrollo, en el que es secuela inexorable algún grado de deformación de los estratos acumulados. Incluso así cada caso es algo diferente. En el de terraza continental, o miogeoclinal y de sus facies fuera de costa equivalentes, en el declive o en la planicie abisal, no parece que haya tendencia inmediata a la deformación de los estratos, ya que la margen continental es estable. En este caso entra en juego la dimensión temporal de la tectónica de placas. Se puede demostrar que los océanos se abren y se cierran. Continentes, en tiempos aislados, llegan a soldarse mediante colisiones en zonas de subducción, a lo largo de las cuales la costra oceánica implicada resulta consumida. De aquí que dado tiempo suficiente, cualquier margen continental estable encontrará eventualmente una zona de subducción a lo largo de una junta de placas convergentes y, o bien, la cabalgará o bien se adentrará en ella por subducción. En cualquiera de los dos casos la cuña sedimentaria flanqueante quedará de alguna manera deformada; el puro hecho de existencia de una gruesa pila sedimentaria en una margen continental predestina su eventual deformación cuando, de manera inevitable, la margen entre en fase de actividad.

Por consiguiente, en cierto sentido, la teoría geosinclinal de la orogénesis permanece válida, siempre que el proceso causante de un grueso prisma sedimentario sea sustituido por un concepto de coincidencia, o de consecuencia. Pero hay otro aspecto en el que la teoría resulta más defectuosa y que induce, al menos potencialmen-

te, a error. Se admite, generalmente, como principio normativo que existe una sola, y directa progresión orogénica. Concepto que no se puede mantener dentro del modelo tectónico de placas, en lo que a orogénesis se refiere. Conforme abren y cierran los océanos, crecen y mueren arcos y fosas, y cinturones de empuje, acompañados por migraciones e incluso posibles inversiones de polaridad, conforme un tipo de elemento tectónico se superpone o se yuxtapone a otro, no hay en

nada de ello motivo para suponer que sea único el orden en el que tales acontecimientos puedan desarrollarse en lo que afecte a una determinada masa de rocas. De aquí que los diferentes cinturones orogénicos puedan experimentar diferentes secuencias de acontecimientos deformativos. Cada paso o etapa tendrá su unidad y carácter propio, entre un finito acoplamiento de tipos, pero su orden de sucesión variará de sitio a sitio.

Recibido el 25-I-1971.

La reserva del Valle de Alcudia y su contexto geológico minero en Sierra Morena central

por V. CRESPO LARA (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se hace una descripción de las paragénesis existentes en los indicios mineros de la reserva en favor del Estado del Valle de Alcudia y la relación de estos indicios con el contexto geológico local.

Se pone de manifiesto la existencia de mineralizaciones auríferas diseminadas en un conglomerado anteordoviense.

Igualmente se señala el origen hidrotermal de gran parte de las mineralizaciones y la existencia de una zonalidad normal inconfundible respecto del batolito de Los Pedroches.

SUMMARY

The Valle de Alcudia mines and their position in the local geology, the hidrothermal origin of some mineralizations and a normal zonality to Los Pedroches batholitic area, are described.

Gold mineralizations diseminated in conglomeratic beds of Valle de Alcudia upper unity are shown.

La reserva del Valle de Alcudia se encuentra ubicada en la provincia de Ciudad Real, siendo su límite meridional el de ella con las de Córdoba y Jaén.

La extensión de la misma es de unas 236.000 hectáreas, que comprenden las hojas números 809, 835, 836 y parte de las 860 y 861 del M. T. N. a escala 1:50.000. En el mapa que acompaña a este trabajo están señalados los indicios mineros encontrados en estas cinco hojas y una síntesis de la geología de la región, fruto obtenido del trabajo realizado durante tres años por un equipo de investigación de la División de Minería del Instituto Geológico y Minero de España.

Los resultados que se presentan tienen como punto de apoyo una cartografía detallada, realizada directamente sobre fotografías aéreas a escala 1:33.000 y 1:10.000, plasmada en mapas a escala 1:50.000; 1:25.000 y 1:10.000. Se han precisado algunas zonas con levantamientos mineros de detalle, a escala 1:5.000 y 1:2.000, com-

pletados con el análisis de numerosos planos relativos a las explotaciones que han existido en la región a lo largo de su dilatada historia minera, y que han sido amablemente facilitados por la Jefatura de Minas de Ciudad Real.

Han colaborado en estos trabajos numerosos especialistas: don Tirso Febrel, señorita Josefina Samper, doña Casilda Ruiz, don Indalecio Quintero, don Félix Cañada, don Julio Sánchez Paus, don Sebastián Blázquez. Asimismo nos han ayudado y aconsejado con su valiosa experiencia, don Antonio Quesada, don Vicente Pastor, don José María Fontboté, don Miguel Delgado y Mr. Guy Tamain, a los cuales queremos expresar desde aquí nuestro agradecimiento.

EL CONTEXTO GEOLÓGICO

La reserva del Valle de Alcudia se encuentra situada en la zona «Lusitano-oriental-alcudica» de la división que hace Lotze del macizo Hespérico.

La presencia de terrenos precámbricos fue señalada por primera vez por E. Bouyx (1962), ha-

biendo podido confirmarse esta datación en los estudios llevados a cabo por el Instituto Geológico y Minero de España.

Estos terrenos están representados en lo que se ha dado en denominar Complejo del Valle de Alcudia, constituido por dos unidades claramente diferenciadas desde el punto de vista litoestratigráfico y puestas en contacto mediante una discordancia angular (V. Crespo y J. Rey, en prensa).

Una nueva discordancia angular (V. Crespo y J. Rey, en prensa) pone en contacto la unidad superior del complejo del Valle de Alcudia con los niveles basales del Ordovícico.

Ambas discordancias podrían corresponder a las fases Asintica y Sárdica, con lo cual queda puesta en evidencia en la mitad meridional del macizo Hespérico la fase Asintica, no admitida hasta ahora. (Lotze, 1970; Llopis y Sánchez de la Torre, 1963, b.)

La descripción detallada de ambas discordancias será objeto de futuras publicaciones.

Se inicia el Ordoviense por una sedimentación muy costera, que va a dar lugar al conglomerado basal seguido de una alternancia de areniscas y pizarras arenosas que culminan en el Arenig con las cuarcitas masivas de las altas sierras. Este episodio es seguido por sedimentación más profunda representada por las pizarras del Llandeilo, el cual termina con depósitos terrígenos más costeros. A partir de aquí existe una sucesión de sedimentos terrígenos y pelíticos que termina en el Asghilliense en fase netamente regresiva (G. Tamain et al., 1969). Un nivel carbonatado marca el final del Caradoc. Diversos episodios de vulcanismo básico dan lugar a rocas piroclásticas interestratificadas.

La fase Tacónica, puesta en evidencia al E. de la Reserva (G. Tamain, 1964) da lugar a una nueva discordancia entre el Ordoviense y el Silúrico.

Se inicia éste por los esquistos con Monograptus (Henke y Hundt, 1926) en los cuales es frecuente la existencia de lavas interestratificadas. Durante el Silúrico superior sigue el régimen de deposición en aguas profundas para, en el Devónico inferior, aparecer sedimentación más litoral.

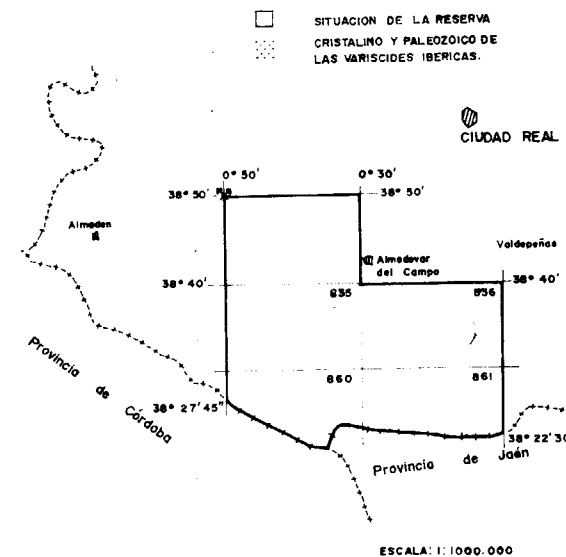
En el Devónico medio existe una laguna estratigráfica puesta de manifiesto por diversos autores (J. Groth, 1911; Pushmann, 1967).

Durante el Carbonífero tiene lugar una nueva sedimentación transgresiva que va a dar lugar al flysh Dinantiense (Henke, 1926; Almela et al, 1967; Pushmann, 1967).

La fase orogénica principal es varisca, antestefaniense (A. de Alvarado, 1922, 1923) con estructuras de tipo armoricano, de dirección axial WNW-ESE; existe una fase posterior de plegamiento, muy débil, que produce pliegues de dirección aproximada NE-SW y una esquistosidad muy marcada.

Una fase tangencial importante ha sido puesta de manifiesto en la zona del Centenillo (G. Tamain, 1966). Dentro de la Reserva esta fase no presenta unas características tan acusadas como ocurre al E.

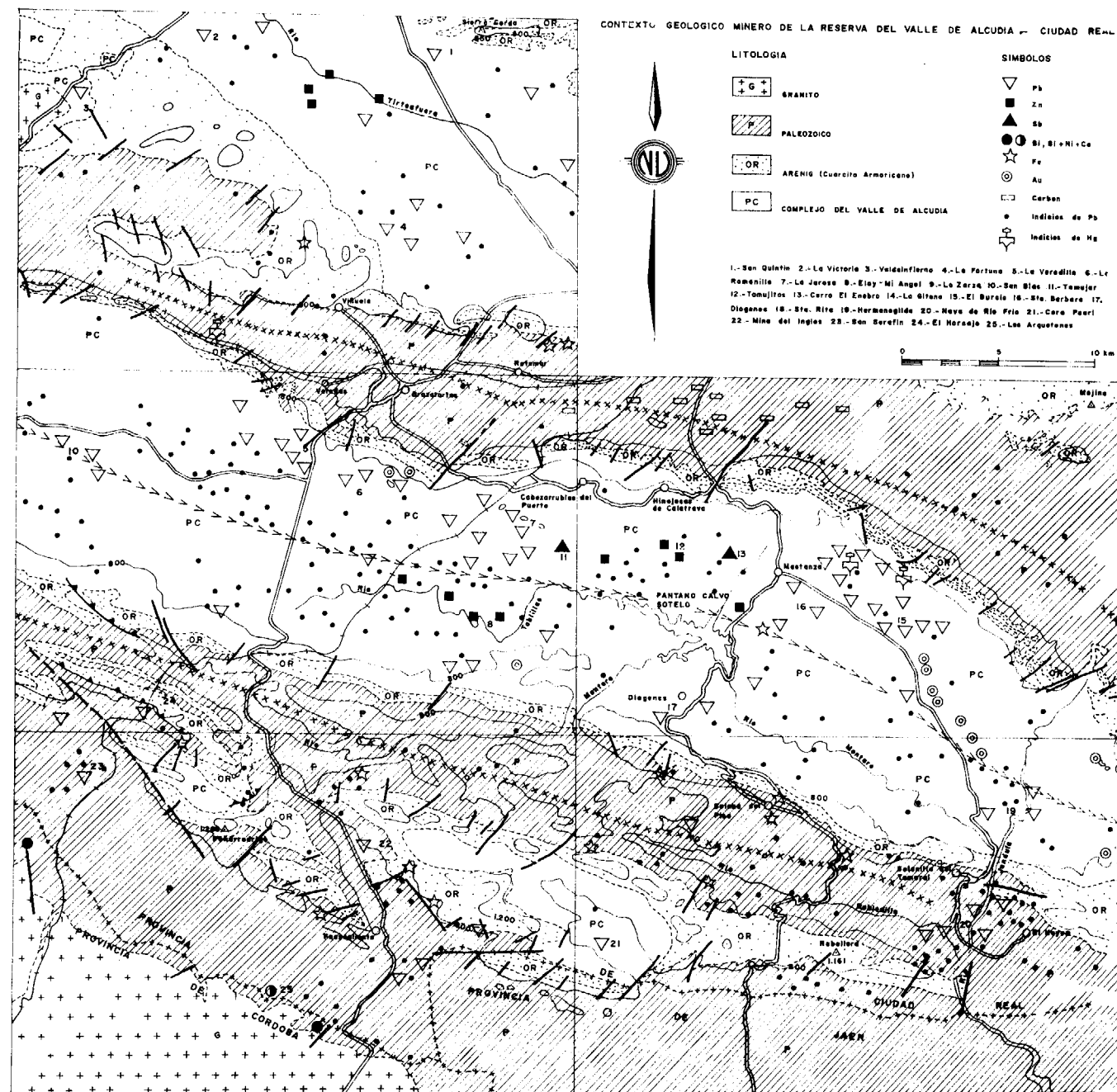
Después de esta etapa de evolución tiene lugar la intrusión granítica que va a dar lugar a los



La unidad inferior está constituida por una monótona sucesión de esquistos y grauwacas, en los que es frecuente la presencia de lavas básicas interestratificadas, existiendo una red muy desarrollada de diques de diabasa.

La unidad superior la forman unos conglomerados basales, seguidos por una alternancia de grauwacas, esquistos, microconglomerados y conglomerados gruesos. Completan la serie lentes interestratificadas de calizas (V. Crespo y G. Tamain, 1971).

(*) Licenciado en Ciencias Geológicas.



batolitos de Los Pedroches y Fontanosas, seguida de una mineralización que origina los yacimientos filonianos hidrotermales existentes en Sierra Morena.

En pequeñas cuencas aisladas (Puertollano) tuvo lugar la sedimentación de Stephaniense B. (Wagner y Utting, 1967) que, posteriormente y probablemente debido a reajustes gravitatorios, se pliega muy suavemente en la dirección de mayor alargamiento de la cuenca.

Una dilatada época de reposo continental sucede a los últimos episodios variscos y durante ella tiene lugar la deposición de sedimentos horizontales, que dentro de la Reserva vienen representados por el Mioceno y las rañas pliocuaternarias. Una etapa de actividad volcánica básica tiene lugar posteriormente, como consecuencia de una reactivación de las fracturas profundas.

TIPOS DE YACIMIENTOS

Los mineros antiguos dedicaron todo su esfuerzo a la investigación y explotación de yacimientos de galena argentífera. Muy buscada por los romanos, sus labores sirvieron para posteriores exploraciones que dieron lugar, dentro de la reserva, a explotaciones tan importantes como las de San Quintín, Villagutiérrez, El Horcajo, Diógenes, La Veredilla, La Gitana y La Romanilla, por citar las más importantes.

La existencia de miles de indicios de minerales de Pb y Zn, hizo descuidar la exploración de otros metales, que se han puesto en evidencia posteriormente. De esta forma se ha podido constatar la presencia de Au, Hg, Sb, Bi, Ni y Co, la mayor parte de los cuales han sido reconocidos por primera vez por el equipo del Instituto Geológico y Minero Español.

Todos los minerales reseñados se encuentran en dos tipos fundamentales de yacimientos, diseminaciones y filonianos hidrotermales, que se van a analizar separadamente.

Diseminaciones

Dentro de este tipo se incluyen yacimientos de oro y pequeñas mineralizaciones de plomo y cinc en los niveles carbonatados del fin del Caradoc.

Las diseminaciones más importantes, las de oro, y pequeñas mineralizaciones de plomo y cinc unidad superior del Complejo Alcudiense. Por su situación en la columna estratigráfica y por sus características, estas diseminaciones son muy parecidas a las que dan lugar a los yacimientos de Witwatersrand, en Africa del Sur. (A. Bateman, 1962; P. Routhier, 1963).

Las concentraciones de mineral encontradas están muy por debajo de las que proporciona este yacimiento, lo cual probablemente sea debido a que en Africa del Sur existe un metaforfismo que origina estas concentraciones y que no se ha podido observar en el conglomerado alcudiense.

Los conocimientos que se poseen sobre este yacimiento son muy pequeños, por tanto, lo que a continuación se escribe sobre él, corresponde a hipótesis de trabajo a confirmar en estudios posteriores.

El origen de estas diseminaciones se supone que está en relación con pequeños yacimientos filonianos primarios de menas sulfuradas con escasa concentración de oro, sin importancia económica, que se encuentran en toda la extensión de la unidad inferior del Complejo del Valle de Alcuía. Estos pequeños yacimientos han sido afecta-

dos por la erosión y posteriormente ha existido una concentración de cationes de oro en el conglomerado, que constituiría un gran «placer» antiguo.

En cuanto a la edad de formación de estos depósitos, hay que estimar que se produce a partir de la erosión de unidad inferior de Alcuía y en el momento de depositarse la unidad superior, es decir, sincrónica con ella. Por tanto, se puede estimar la formación de yacimiento como pertenecientes a un Precámbrico alto o a un Cámbrico basal.

La erosión cuaternaria ha originado la formación de pequeños placeres en los arroyos que discurren sobre el conglomerado.

Otras diseminaciones se encuentran en las calizas del final del Caradoc. En ellas es muy frecuente la presencia de indicios mineros pertenecientes al tipo B. P. G., en los que existe una importante proporción de calcopirita (Minas de Santa Rita).

Estos indicios, sin importancia económica, debido al poco espesor que presentan las calizas y al bajo tanto por ciento de mineral contenido, se originan a partir de los filones que al atravesar los niveles arenosos del Caradoc se encuentran bien metalizados y han dado lugar a explotaciones importantes (El Centenillo, y Los Guindos, fuera de la reserva).

Las diseminaciones se originan a partir de la disolución de estas metalizaciones por aguas que discurrían a través de estos niveles y que posteriormente depositan el mineral en los puntos en que actualmente lo encontramos. Se puede observar cómo las concentraciones de mineral son mayores en la proximidad de los filones metalizados, siendo menores a medida que nos alejamos de ellos.

Yacimientos hidrotermales

Corresponden a la mayor parte de los indicios existentes dentro de la reserva, e interesan a una vasta red de fracturas que afectan a los sedimentos paleozoicos y prepaleozoicos.

La mayor parte de ellos corresponden al tipo B. P. G. con ganga carbonatada y a veces cuarzoza, aunque también existen yacimientos de Bi + Ni + Co, de Bi y de Sb, con ganga cuarzoza. Son todos ellos de tipo periplutónico, mesotermal, en relación con el batolito de Los Pedroches.

A continuación se hará una descripción de los más importantes de estos yacimientos, así como de aquellos niveles que se muestran selectivos con estas mineralizaciones. Por último, se establecerá

la relación espacial de estos yacimientos con los focos magmáticos locales.

Los yacimientos filonianos del tipo B. P. G. que han dado fama a la región como provincia metalífera, se encuentran ubicados siempre en niveles muy localizados en la columna estratigráfica.

La unidad inferior del Complejo Alcudiense alberga yacimientos tan importantes como Villagutiérrez, Valdeinfierno, Diógenes, La Veredilla, San Blas, La Romanilla, La Petaca y La Zarza, así como innumerables indicios señalados por pequeñas labores atribuidas a los romanos.

La mayoría de estos indicios se pierden a poca profundidad, por lo que se estableció como hipótesis de trabajo el origen supergeno para los mismos. Para tratar de comprobar esta hipótesis se realizó una recogida de muestras en los sedimentos de la unidad inferior del Valle de Alcuía para establecer, mediante análisis geoquímico, el contenido en Pb y Zn de las mismas, con objeto de establecer un fondo regional y comprobar si existían contenidos anómalos de estos cationes que por removilización posterior se hubieran concentrado en la red de fracturas. Los resultados obtenidos en los análisis hicieron desechar esta hipótesis.

Los estudios sobre probeta pulida llevados a cabo en muestras tomadas en el interior de mina Diógenes, actualmente la única en explotación, revelaron la presencia de minerales ascendentes, principalmente galena, bournonita, pirita, calcopirita y jamesonita. Los minerales descendentes venían representados por cerusita y marcasita. Nuevos análisis de este mismo tipo realizados sobre diferentes indicios existentes en la unidad inferior del Complejo del Valle de Alcuía muestran la presencia de paragénesis semejantes, con minerales ascendentes. Todo esto, unido a la morfología que presenta la galena en algunos de los puntos en que se ha podido observar, demuestran de forma inequívoca el origen hidrotermal de esta metalización.

Aunque en la unidad inferior aparecen paragénesis con galena dominante y escaso porcentaje de blenda, existen algunos yacimientos explorados en que el mineral dominante es la blenda (Minas La Petaca y Las Simonas).

Las gangas más frecuentes son la calcita, ankerita, y barita, y raramente el cuarzo.

Las direcciones principales en todos los filones encontrados corresponden a N. 70° E y E-W, apareciendo raramente la dirección N 30° W (Las Simonas).

La unidad superior del Complejo del Valle de Alcuía encierra en su masa yacimientos muy importantes, San Quintín, el de mayor producción de la región, La Gitana, El Burcio, La Ligera, La Fortuna y Villalba.

Siempre había llamado la atención el que las grandes explotaciones existentes en el Valle de Alcuía se encontraran próximas a las alineaciones de las altas sierras y, por el contrario, en el centro del valle los trabajos siempre eran de poca profundidad. Esto se explica porque el valle de Alcuía corresponde a un gran horst, cuyo borde constituye un control tectónico de las mineralizaciones y también porque los niveles de la unidad superior son selectivos para la mineralización por su naturaleza litológica. Los conglomerados al fracturarse y posteriormente ser mineralizados, originan pequeños stocks-works que proporcionan mayores volúmenes de mineral, que si se explora uno sólo de estos filones.

También queda explicado el por qué las explotaciones no bajaron nunca de los 400 metros, ya que la potencia de la unidad superior es estimada en 300 y 400 metros, es por ello que pensamos que algunos de estos yacimientos no están totalmente agotados en profundidad, sino que han llegado a niveles en que las potencias reducidas de galena no hacían rentable su explotación.

Aunque en San Quintín la paragénesis es de galena, blenda negra, pirita más abundante en profundidad, y localmente calcopirita, en los correspondientes al resto de las minas reseñadas es dominante la galena con escasísima blenda. Al igual que en los filones de la unidad inferior, la dirección dominante es N 70° E.

El resto de las metalizaciones encontradas en la reserva se encuentran ubicadas en los niveles más detríticos de la columna, con excepción de las cuarcitas masivas que no son aptas para la mineralización. Los niveles pizarrosos no son aptos a la mineralización.

La famosa mina El Horcajo, en la que existían leyes de plata de 5 kgs/Tm. y, frecuentemente, plata nativa, se encuentra ubicada en la alternancia de cuarcitas, areniscas y pizarras que constituyen la transición de las cuarcitas masivas de las altas sierras a las pizarras Llandeilenses.

Estudios realizados sobre una muestra de mineral, tomada en la escombrera de esta mina (Archivos de S. M. M. P. E. S. A.) hablan de tres fases hipogénicas de metalización, una cuarta hipogénica y supergénica sin poder establecer diferencias, y por último, otras dos fases supergénicas. Los minerales encontrados en el filón principal de esta mina son los siguientes: galena, cobres grises, bornita, covellina, cobre nativo, pirita, marcasita, arsenopirita, cerusita y piromorfita. Como ganga cuarzo, baritina y carbonatos de hierro.

El campo filoniano de Nava de Riofrío-El Hoyo, presenta un sinnúmero de indicios mineros del tipo B. P. G. en los que la blenda y pirita son dominantes. En este área se han llevado a cabo mul-

titud de laborcillas de investigación sin resultado práctico alguno, debido a la pequeña extensión y profundidad de los filoncillos existentes.

La mina El Inglés, próxima a la carretera de Puertollano a Cardaña, presenta varios filones más o menos paralelos en los que los minerales dominantes son la galena y la blenda negra, y raramente pirita, con ganga cuarzo y ankerítica.

Ambos complejos mineros se encuentran situados en la columna estratigráfica en la misma posición que el del Horcajo.

Las minas de Santa Rita y San Serafín se encuentran situadas sobre la alternancia de areniscas, cuarcitas y pizarras atribuidas al Caradoc. En ellas las paragénesis dominantes son del tipo galena, blenda (dominante), pirita y calcopirita.

Todo lo descrito conduce a que existen unos controles litológicos para los yacimientos hidrotermales del tipo B. P. G. que vienen representados por los niveles detríticos de la columna estratigráfica, con excepción de las cuarcitas masivas del Arenig.

Los yacimientos filonianos hidrotermales de Bi, se encuentran ubicados en el flysh Dinantiense metamorfizado, de las proximidades del batolito de Los Pedroches. Los yacimientos explotados son los del N. del pueblo de Conquista y los del Sur del arroyo de los Términos; existen indicios en la finca Los Arquetones, y todos ellos se encuentran dentro de la hoja número 860. Los dos primeros presentan como mineral dominante el bismuto y en la montera sus óxidos, en cambio en el indicio de Los Arquetones el mineral dominante es el níquel, seguido del cobalto y el bismuto, todo ello con cuarzo de alta temperatura y ankerita.

Estos tres indicios constituyen una banda de varios centenares de metros de anchura, que se extiende entre Conquista y Venta de Azuel, que es muy favorable a este tipo de mineralizaciones de más alta temperatura que las del tipo B. P. G.

Los minerales de antimonio encontrados en la reserva del valle de Alcuía, corresponden a las minas de Cerro del Enebro, en la hoja número 836, y al indicio del arroyo del Royar, en la hoja número 835.

Los minerales encontrados son fundamentalmente estibina y estibiconita (óxidos amarillos), con proporciones variables en oro y plata en una ganga cuarzo.

Ambas mineralizaciones ocupan una banda más o menos paralela a la dirección de mayor alargamiento de batolito de Los Pedroches.

La posición relativa de estos tres tipos de paragénesis, respecto del batolito de Los Pedroches, demuestra que existe una clara zonalidad normal de metalización a partir de un «centro caliente» granítico de tipo ácido. Esta zonalidad completa

para este área de Sierra Morena las observaciones llevadas a cabo por G. Tamain (1968) y E. Márquez Triguero (1966).

Todo lo dicho apoya la teoría de que la edad de todas las mineralizaciones es hercínica, época en que se instruyó el granito. No obstante, nosotros señalamos la posibilidad de que existan mineralizaciones filonianas prehercínicas con pequeñas cantidades de oro que al originarse dan lugar a los yacimientos de la unidad superior del valle de Alcuía, aunque por ahora sólo se puede considerar como una hipótesis de trabajo; estudios posteriores pondrán de manifiesto su valor.

En los aluviones cuaternarios de los ríos que surcan el Complejo Alcudiense, hemos podido constatar mediante un concentrado con batea, además de la existencia de oro proveniente de los conglomerados de la unidad superior alcudiense, la presencia de cinabrio, el origen del cual desconocemos hasta el momento presente. Se descarta, «a priori», la posibilidad de que dicho mineral provenga de una contaminación producida por el acarreo de mineral de las próximas minas de Almadén. Estudio a realizar en un próximo futuro, pondrán en evidencia el origen del mismo.

Concentraciones ferruginosas sedimentarias en las cuarcitas de las altas sierras, que han sido objeto de denuncias y pequeñas explotaciones, completan el cuadro minero de la Reserva del Valle de Alcuía.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A.; ALVARADO, E.; COMA, C.; FELGUEROSO, C.; QUINTERO, I. (1962). *Estudio geológico de la región de Almadén*, «Bol. I. G. M. E.», t. LXXIII, págs. 198-327.
- ALVARADO, A. (1922). *Note sur les plissements hercyniens et la formation filonienne du massif Est de la Sierra Morena*, «R. C. XIII Congress Geol. Inter.», Bruxelles, páginas 441-484.
- (1923). *Región Este de Sierra Morena*, «Bol. Inst. Geol. Min. Español», t. 44, págs. 299-455.
- BATEMAN, A. (1962). *Yacimientos minerales*. Edit. Omega, Barcelona.
- BOUVX, E. (1962). *La edad de los esquistos de Alcuía*, «N. y C. del I. G. M. E.», núm. 66.
- (1970). *Contribución a l'étude des formations Anteoroviciennes de la Meseta Meridional (Ciudad Real et Badajoz)*. «Memoria del I. G. M. E.», t. 75.
- CRESPO, V.; REY, J. (En prensa). *Contribución al estudio del Valle de Alcuía*, «N. y C. del I. G. M. E.».
- CRESPO, V.; TAMAIN, G. (1971). *Mise en évidence de niveaux carbonatés interstratifiés dans l'Alcudien de la Sierra Morena centrale (Espagne)*. «C. R. Som. Ac. Ss.», t. 272 páginas 688-690.
- GROTH, J. (1911). *Sur le primaire de la Sierra Morena*, «C. R. Ac. Sc.».

- HENKE, W. (1935). *Beitrag zur Geologie der Sierra Morena nördlich von La Carolina (Jaén)*. «Publ. extr. Geol. Esp.», tomo VII, págs. 71-99, Madrid.
- HENKE, W. HUNDT, R. (1952). *Bericht über einige Graptolithen funde in der Sierra Morena*, «Publ. extr. Geol. Esp.», tomo VI, págs. 27-39. Madrid.
- KUTINA, J. (1968). *On the application of the principles of equidistances in the search for ore veins*. XXIII International Geological Congress, vol. 7.
- LOTZE, F. (1970). *El Cámbrico en España*, «Mem. del Instituto Geológico y Minero de España», t. 76.
- LLOPIS, N.; SÁNCHEZ DE LA TORRE, L. (1963a). *Sur la stratigraphie du Précambrien au Sud-Ouest de Puente del Arzobispo (prov. de Cáceres, Espagne)*. «C. R. S. Som. S. G. F.», págs. 152-153.
- — (1963b). *Sur la présence d'une discordance précambrienne au Sud de Tolède (Espagne)*. *Ibid.*, págs. 250-251.
- MÁRQUEZ TRIGUERO, E. (1966). *Contribución al estudio metalogénico de Los Pedroches (Córdoba)*, «N. y C. del I. G. M. E.», núm. 82.
- OVTRACH, A. (1968). *Problemes de genese des gites stratiformes*. «XXIII International Geological Congress», Volumen 7.
- PUSCHMANN, H. (1967). *Das paläozoikum im gebiet zwischen San Benito und Torrecampo (Sierra Morena, Spanien)*. «Geol. en Mijnbouw 46e. Jaar.», págs. 388-391.
- ROUTHIER, P. (1963). *Les gisements métallifères*. «Geologie et principes de recherche», Masson et Cie. Paris.
- ROZHKOV, J. S. (1968). *The characteristic features of gold deposits of mobile belts and platforms*. «XXIII International Geological Congress.», vol. 7.
- TAMAIN, G. (1964). *Mise en évidence de mouvements tectoniques dans le Sud-Est de la Sierra Morena (Espagne)*. «C. R. Ac. Sc.», t. 258, págs. 977-979.
- — (1966). *Les écailles du Centenillo (Jaén, Espagne). Contribution a l'étude structurale du rebord meridional de la Meseta Iberique*, «C. R. Ac. Sc.», t. 263, págs. 1355-1358.
- — (1968). *Le district minier de Linares-La Carolina et son cadre metallogénique en Sierra Morena oriental (Espagne)*. «B. S. Geol. de France», 7.^a serie, t. X, págs. 97-102.
- TAMAIN, G.; OVTRACH, A.; CARRE, D.; HELOIR, J. P.; PERAN, M.; POUPON, G. (1969). *L'Ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)*, «C. R. 94 Congres Nat. Soc. Sav. Pau.», t. II, págs. 275-292.
- WAGNER, R. H.; UTING, J. (1967). *Sur le terrain houillier de Puertollano (province de Ciudad Real, Espagne)*. «C. R. Ac. Sc.», t. 265.

Recibido el 23-XI-1971.

Yacimientos de mineral de hierro de sierra Menera, edad de su formación y experiencias de laboratorio que reproducen su génesis

por F. CAÑADA GUERRERO (*)

RESUMEN

Consideramos en este trabajo los yacimientos de Sierra Menera, como un caso particular de un fenómeno erosivo-sedimentario, que en gran escala tuvo lugar a lo largo del Permo-Trías y el Triásico.

Se exponen también algunos trabajos de laboratorio realizados, con los que hemos tratado de reproducir la génesis de yacimientos de este tipo, en opinión muestra epigenéticos y se comentan algunas de las particularidades del yacimiento.

ABSTRACT

We consider in this work the deposits of Sierra Menera, as a particular case of an erosive-sedimentary phenomenon, which in large Scale took place all along the permotrias and the triassic.

Are also commented some laboratory works carried out, with which we have tried to reproduce the genesis of deposits, of this type, in our opinion epigenetics, and are commented some of the particularities of the deposit.

1. LA HIPÓTESIS DE FORMACIÓN EPIGENÉTICA DE ESTE TIPO DE YACIMIENTOS

En un trabajo publicado por nosotros el año 1966, criticábamos la hipótesis tradicional admitida, sobre la génesis de yacimientos de óxidos carbonatos de hierro, del tipo de los de Bilbao y Ojos Negros (Teruel), que los considera procedentes de un metasomatismo de las masas de carbonatos organógenos originados por soluciones ascendentes y proponíamos otra hipótesis consistente:

a) En la oxidación atmosférica de masas de pirritas de cualquier origen.

b) En la acción de las aguas ácidas cargadas de iones Fe^{++} y Fe^{+++} , y procedentes de esa oxidación sobre formaciones de carbonatos.

Es decir, que considerábamos a los yacimientos de este tipo, como procedentes de acciones externas, en vez de tener un origen metasomático provocado por soluciones hidrotermales ascendentes.

Fundábamos nuestra crítica de la teoría metasomático-hidrotermal, en la forma misma de los yacimientos, siempre acuñados en profundidad y con intercalaciones típicamente sedimentarias, dentro de la masa del mineral, como tuvimos repetidas ocasiones de observar en los yacimientos de Ojos Negros. No admitíamos que la masa de óxidos procediera de la alteración de carbonatos ferrosos preexistentes, y considerábamos la existencia de estos carbonatos como un hecho puramente circunstancial, dependiente entre otras razones, de las condiciones de drenaje del área en que el yacimiento se estaba formando. Podrían encontrarse yacimientos de óxidos de este tipo, en los que nunca hubieran existido carbonatos ferrosos.

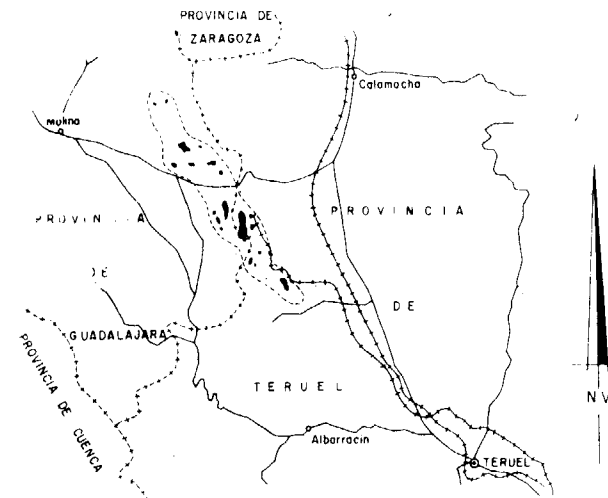
Nuestra hipótesis partía de la existencia de formaciones piritosas, que al experimentar una alteración superficial dan como producto aguas ácidas con iones Fe^{++} en solución, que al contacto con el O del aire pueden pasar a Fe^{+++} , pero que permanecen disueltos mientras el pH sea suficientemente ácido.

Si estas aguas ácidas pierden su acidez por cual-

(*) Dr. Ingeniero de Minas.

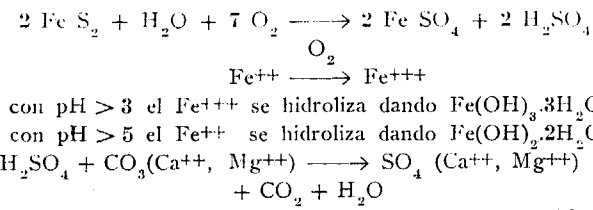
quier causa, los iones Fe⁺⁺ y Fe⁺⁺⁺ precipitarán por hidrólisis en forma de hidróxidos.

Tal sucede cuando las aguas ácidas discurren sobre una formación de carbonatos: los carbonatos son atacados por las soluciones ácidas, que pierden su acidez dando lugar a la precipitación de hidróxidos hidratados ferrosos y férricos, que van rellenando las cavidades formadas en las masas de carbonatos por las soluciones ácidas. Estas masas de hidróxidos constituirán el yacimiento de óxidos de hierro.



Yacimiento de Ojos Negros (Teruel). Mapa de situación.

El mecanismo químico del proceso que describimos es como sigue:



El hecho de que se formen carbonatos de Fe⁺⁺ simples o complejos (asociados a Ca⁺⁺ y de Mg⁺⁺), depende de la naturaleza de la roca de carbonatos y, sobre todo, de que la zona tenga o no fácil drenaje.

Si las soluciones circulan libremente, no es probable que se formen siderosa o ankerita en grandes cantidades.

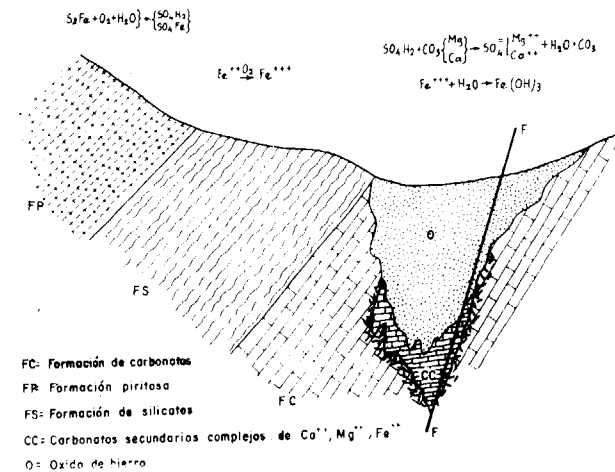
Si, por el contrario, las soluciones con cierto grado de acidez y con iones Fe⁺⁺ que no tuvieron tiempo de oxidarse, se recogen en zonas profundas, aparecerán CO₃(Fe⁺⁺) o CO₃(Fe⁺⁺Ca⁺⁺Mg⁺⁺), según los casos.

Si el drenaje sigue siendo deficiente o nulo, quedarán yesos y alumbres como testimonio de las soluciones primitivas.

Si con las vicisitudes geológico-tectónicas, una zona originariamente mal drenada, llega a tener una circulación de aguas suficiente, desaparecerán los sulfatos y alumbres por disolución, aunque probablemente se encuentren restos de estas disoluciones sulfáticas, en las vacuolas intracrystalinas, extremo éste que aún no tuvimos ocasión de experimentar fehacientemente.

Con esta teoría se explican fácilmente las formas típicamente cársticas epigenéticas que se observan en la caja de estos yacimientos, los episodios sedimentarios arcillosos y detríticos intercalados a veces entre el mineral y las masas de carbonatos ferrosos simples o complejos que aparecen en ocasiones en las zonas profundas, y que a su vez, son susceptibles de dar óxidos por alteración epigenética posterior.

Por otra parte, la realidad de este fenómeno de oxidación epigenética de las piritas, ataque de calizas y dolomías, precipitación de los hidróxidos de hierro y formación de carbonatos ferrosos, es un hecho familiar a la observación del geólogo en la naturaleza y no una elucubración inobservable como lo es el metasomatismo hidrotermal, aunque también posible.



Génesis de un yacimiento de óxidos-carbonatos de hierro del tipo de Ojos Negros.

2. EXPERIENCIAS DE LABORATORIO

A pesar de que la frecuencia con que se pueden observar en la naturaleza los procesos citados, podría excusar una experimentación, hemos tratado de reproducir estos fenómenos en el laboratorio.

Sustituyendo a las soluciones naturales que proceden de la oxidación de las piritas, hemos utilizado una solución sulfúrica de SO₄Fe, obtenida tratando hierro metal con H₂SO₄.

Con esta solución atacamos una masa de caliza o dolomía, formada por fragmentos de diversos

tamaños y por polvo de estas rocas, que colocamos en un recipiente de vidrio —con drenaje en el fondo.

El efecto de cavitación de los carbonatos por la solución ácida y el relleno de los huecos por los hidróxidos de hierro, se aprecia perfectamente a través del cristal, en las zonas ocupadas por los carbonatos pulverizados.

El aspecto de los hidróxidos depositados es el de una concreción típica algunas veces. Otras es masivo.

Hemos comprobado la lentitud del ataque de la solución sulfúrica a las calizas y dolomías. Fragmentos gruesos de estas rocas, colocados en una solución sulfúrica en cantidad suficiente para neutralizar diez veces más ácido del que contenía la disolución, tardaron seis y siete meses en neutralizarla.

El hecho tiene importancia, pues permite explicar que se conserven ácidas durante largo tiempo, soluciones sulfúricas almacenadas en cuencas de carbonatos o puestas en contacto con ellos.

Según hemos podido comprobar con rayos X, se debe a una capa protectora de microcristales de SO₄Ca, que recubre los carbonatos.

En cuanto a los productos obtenidos del ataque de calizas y dolomías por la solución sulfúrica del SO₄Fe, aparte de los hidróxidos de hierro, el análisis por rayos X ha dado yeso, anhidrita y carbonatos complejos cuyo diagrama puede coincidir con el de una ankerita.

3. EDAD DE LOS YACIMIENTOS DE SIERRA MENERA

Aunque no son definitivas nuestras conclusiones, las observaciones realizadas hasta el momento, nos hacen pensar en el Triás inferior.

Consideramos, además, que son estos yacimientos un fenómeno local dentro de otro mucho más extenso, responsable de una parte de las características del Permotriás y Triás.

Los sedimentos ferruginosos de vivos colores, muchas veces acompañados de yesos, anhidritas y cuarzos cristalizados, que comienzan a finales del Pérmico y continuarán a lo largo del Triás, podrían considerarse procedentes de la alteración y denudación de formaciones paleozoicas piritíferas.

El Permotriás, muy definido en los Pirineos, es una serie detrítica roja, muy parecida al Bunt. Los conglomerados cuarcíticos de la base, con cemento rojo de óxidos de hierro y arcillas son muy parecidos a los de la base del Bunt, y lo mismo sucede con el nivel superior de arcillas ferruginosas con capas de gres rojo interstratificadas.

El Triás comienza en el Bunt con los conglomerados de base, rojos, silíceos y con cemento ferruginoso, que son seguidos por la serie de gres abi-

garrado y la serie de arcillas rojas con intercalaciones de anhidritas, yeso y margas.

El Muschelkalk tiene también una serie detrítica roja, con una gran abundancia de óxidos de hierro y finalmente, el Keuper, abunda en margas abigarradas y arcillas rojas con horizontes e intercalaciones fisurales de anhidrita y yeso y con una profusa diseminación de cristales de cuarzo.

Esta abundancia de hierro en los sedimentos que van del Permotriás al final del Triásico, acompañados muchas veces de yeso, anhidrita y cuarzo cristalizado, nos hace pensar no en el producto de la denudación de tierras rojas, como se ha dicho, sino en una acción meteórica oxidante sobre formaciones de piritas, que llevaría consigo la formación de óxidos de hierro que teñirían y cementarían otros productos de la meteorización, como arcillas, margas, arenas y gravas.

Hay que tener en cuenta que la presencia y profusa diseminación e intercalaciones de yesos, anhidritas y cuarzos cristalizados en estas formaciones rojas no se explica por un simple fenómeno de denudación de otras formaciones ferruginosas rojas.

Parece más lógico pensar en formaciones piritíferas que van a dar soluciones sulfúricas cargadas de Fe⁺⁺ y Fe⁺⁺⁺, a partir de las cuales es muy fácil justificar lo siguiente:

1.º La precipitación de hidróxidos de hierro y su consiguiente transformación en óxidos, que van a constituir una parte importante de los sedimentos y van a determinar su colorido característico.

2.º La presencia de los cuarzos cristalizados, ya que las soluciones ácidas aceleran la hidrólisis natural de los silicatos y favorecen la formación de geles de sílice, a partir de los cuales van a formarse los cristales de cuarzo.

3.º La presencia del yeso y la anhidrita, productos naturales de la acción de las soluciones sulfúricas sobre masas de carbonatos paleozoicos, aunque estos minerales se deban también muchas veces a procesos evaporíticos.

Además, el algún punto de este paisaje triásico, pudieron darse las circunstancias siguientes:

1.º Que existieran formaciones piritíferas excepcionalmente importantes o ricas en piritas.

2.º Que hubiera grandes masas de carbonatos próximas a estas formaciones piritíferas y en condiciones de recibir las aguas ácidas cargadas de iones de hierro, procedentes de la oxidación-meteorización de las piritas.

3.º Que se dieran las condiciones topográficas y tectónicas necesarias, para canalizar adecuadamente las soluciones sobre la masa de carbonatos.

Si estas tres condiciones se dieron en algún punto, se formaría en consecuencia un yacimiento de óxidos de hierro, cuya magnitud y características dependerían de las condiciones citadas.

Así es como suponemos se originó el yacimiento de Ojos Negros.

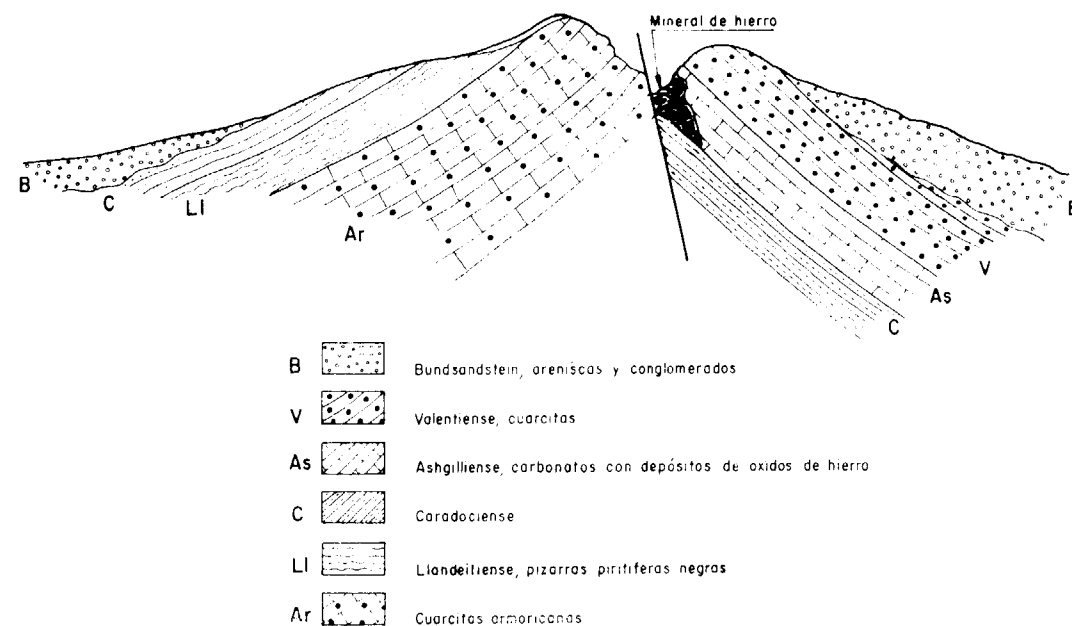
Las potentes formaciones piritíferas del Paleozoico, algunas de las cuales bien pudieran ser las de pizarras negras del Llandeilo, aparecieron en superficie en las postrimerías de la Edad Devónica y comenzaron a denudarse y alternarse.

Las aguas ácidas resultantes, cargadas de iones Fe^{++} y Fe^{+++} , encontraron en su camino las masas de carbonatos Ashgillenses, trituradas y abiertas por fallas, canalizándose a su través.

de óxidos queda en contacto con la serie paleozoica contigua.

Las masas de óxidos, generalmente pulverulentos y puros, presentan a veces niveles arcillosos, lo que es explicable por el origen que les atribuimos: precipitación de hidróxidos de hierro por hidrólisis del Fe^{++} o Fe^{+++} en soluciones que han perdido parcial o totalmente su acidez, arrastre de estos hidróxidos conjuntamente con otros materiales como las arcillas, procedentes de la superficie y deposición conjunta en las cavidades producidas en los carbonatos por el ataque de las aguas ácidas.

Es de notar la baja densidad de estos óxidos, a veces inferior a la del agua (zona «Corcho»). Se explica fácilmente esta baja densidad, consideran-



Corte estratigráfico en un punto cualquiera del yacimiento de Ojos Negros.

Así comenzó la formación del yacimiento que concluyó con la erosión total de las formaciones piritíferas situadas topográficamente sobre los carbonatos, o al descender por el hundimiento del macizo en que estaban.

El deficiente drenaje de la cuenca permitió que en sus fondos cristalizaran las masas de ankeritas que aparecen hoy en superficie y se han encontrado en los sondeos practicados en las áreas de «Corral», «Obispos», «El Llano» y «Castilla».

El aspecto que presentan las cavidades que quedan en las masas de carbonatos del Ashgillense después de extraer el mineral, es típicamente cársico y en forma de cubeta.

A veces el carbonato ha desaparecido y la masa

do que proceden de la desecación de masas de hidróxidos que no han soportado más tarde el peso de sedimentos que los compactaran.

En efecto, la sierra Menera está formada por series paleozoicas que abarcan desde el Ordoviciense al Carbonífero superior, prácticamente rodeadas por los potentes conglomerados de la base del Triás, desaparecidos en algunas zonas por erosión o por acciones tectónicas que ponen a las series paleozoicas en contacto con sedimentos mesozoicos posteriores en algunos puntos.

Hay zonas en que hemos visto estos conglomerados del Bunt, de intenso color rojo, confundidos con las masas de óxidos. Tal sucede en una galería abandonada próxima al barranco de «Peña

Escrita», en la zona más oriental del área de Almohaja.

Este es un importante argumento que aducimos para datar el yacimiento.

Debemos advertir que esta galería ofrece un grave peligro, pues, a su final, a la derecha y totalmente inadvertido, pues la boca está al rás del suelo y fuera del eje de la galería, hay un pozo de unos 30 m., que en nuestra primera exploración estuvo a punto de costarnos un serio disgusto.

4. ALGUNAS PARTICULARIDADES DEL YACIMIENTO

Se presenta en zonas aisladas, a lo largo de unos 25 km., entre Almohaja y El Pobo, ocupando quedades, a veces enormes, dentro siempre de los carbonatos del Ashgillense o en relación con ellos.

El yacimiento es irregular, como corresponde al origen que le atribuimos.

Las zonas de «Obispos», «Corral» y «Castilla», que explota la Compañía Minera de Sierra Menera, ha sido, hasta el momento, las más importantes, calculándose que las reservas actuales superan los 30.000.000 de toneladas.

Es de esperar, no obstante, que sigan encontrándose nuevas áreas, si se lleva a cabo una investigación racional.

Como ya dijimos, se trata de óxidos pulverulentos, de baja densidad, aunque hay zonas donde aparecen masas compactas y duras de otros óxidos, muchas veces goetitas.

Sin entrar en una descripción detallada del yacimiento, lo que no es nuestro objeto, señalaremos algunas particularidades observadas por nosotros.

a) Niveles arcillosos

Dentro de la masa de óxidos y sin seguir ritmo alguno, aparecen algunas veces niveles arcillosos en los que baja la ley del mineral y se modifica su apariencia física.

Este enriquecimiento en arcilla lleva también consigo un aumento del fósforo.

Son más frecuentes estos niveles en las zonas de «Castilla» y «Almohaja».

La aparición de estos niveles son vicisitudes en la formación del yacimiento, fácilmente explicables de acuerdo con el origen que suponemos, según hicimos anteriormente.

b) Cristales de cuarzo diseminados

En todo el yacimiento aparecen cristales de cuarzo a veces totalmente hialinos y de cristalización perfecta, diseminados en la masa de óxidos.

Son abundantísimos en la zona situada al NNE de El Pobo, en el «Collado de los Colmenares».

Damos la siguiente explicación a la presencia de estos cristales:

Las aguas ácidas procedentes de la oxidación de las piritas, al mismo tiempo que llevaban en disolución los iones Fe^{++} y Fe^{+++} , atacaban a los silicatos que encontraban en su camino, acelerando su hidrólisis natural y provocando la formación de masas o nódulos de sílice coloidal, que arrastrados por la misma corriente se depositaban al mismo tiempo que los hidróxidos y mezclados con ellos.

Estos coloides de sílice se formaron antes de precipitar los hidróxidos de hierro y por eso han dado lugar a cristales de cuarzo muy puro.

La cristalización de estos nódulos o gotas de sílice coloidal, es solamente factor de tiempo.

c) Niveles de óxidos oolíticos con gotículas de cuarzo

En el área de Almohaja aparecen potentes niveles de óxidos oolíticos, muy compactos y duros, con gotículas muy numerosas de cuarzo, casi esféricas y ovaladas, cuya forma atestigua el primitivo origen coloidal.

Tienen la particularidad de contener una elevada proporción de fósforo.

En su génesis probablemente haya sido el agua y no los carbonatos, el factor determinante de la precipitación del hidróxido, al elevar el pH por disolución. Esta zona está poco estudiada.

d) Presencia de barita en la masa de óxidos

En algunas zonas del área de «Castilla», aparecen núcleos de barita muy bien cristalizada, dentro de las masas de óxidos, del mismo modo que en otras muchas zonas aparece el cuarzo.

Las procedencias del bario pueden ser tanto las pizarras arcillosas piritíferas, que lo contienen en elevada proporción, como los mismos carbonatos del Ashgillense.

El explicarse la formación de la barita en un medio con sulfato no ofrece ninguna dificultad.

e) Carbonatos ferrosos complejos o ankeritas

En numerosos puntos del yacimiento aparecen carbonatos complejos ferroso-cálcico-magnésicos, muy bien cristalizados y de colores claros.

En los sondeos practicados se han cortado muchas veces en las zonas profundas.

Nosotros no vimos nunca siderosa, pero noticias recientes informan de que en alguna zona ha aparecido este mineral.

Sobre el origen que atribuimos a estos carbonatos ferrosos complejos ya hablamos antes. Insistimos en que nos parece un fenómeno epigenético de cristalización, sin relación con hipotéticas soluciones hidrotermales.

4. CONSIDERACIONES FINALES

En las páginas que anteceden hemos presentado los yacimientos de hierro de Ojos Negros, como un caso particular de la sedimentación triásica, y como la consecuencia de un fenómeno que sigue siendo actual. La alteración de la pirita, mineral tan frecuente y tan abundante es un hecho que el geólogo tiene cada día ante sus ojos.

Cualquier formación piritífera puede ser el punto de partida de la formación de un depósito de óxido de hierro, cuya importancia y características van a depender de las circunstancias del contorno.

Existen en Teruel otros yacimientos de óxidos de hierro, que nos hemos propuesto estudiar, los cuales, aunque de características físicas diferentes, nos parecen estrechamente relacionados en edad y génesis con los de Ojos Negros.

BIBLIOGRAFÍA

- BAAS BECKING, L. C.; KAPLAN, I. R., y MOORE, D. 1960. *Limits of the natural environment in terms of pH and oxidation reduction potentials*, «J. Geol.», 68.
- BALIMAN, A. A. 1961. *The growth and properties of Colored Quartz*, «Am. Min.», 46.
- BATALLER, J. R. 1950. *Geognosia del Triásico español*, «Anal. Esc. Peritos Agric. y Sup. de Agricul.», vol. IX, Barcelona.
- BIEN, G. S.; CONTOIS, D. E., y THOMAS, W. H. 1957. *Removal of soluble silica from fresh water entering the sea*, «Geochim. Cosmochim.», Acta, 14.
- FOURCART, J., y RICOUR, J. 1954. *Essai sur les conditions des sédiments salifères du Trias*. CR 19^e sess. Congr. géol. International (Alger, 1952), fasc. XIII.

CAÑADA GUERRERO, F. 1966. *Sobre la génesis de algunos yacimientos de óxidos-carbonatos de hierro*. «Notas y Com. Inst. Geol. y Min. de España», núm. 87.

DARDER PERICAS, B. 1914. *El Triásico de Mallorca*. Trab. del Museo Nal. de C. N. Serie Geológica, núm. 7.

DEICHA, G. 1945. *Le quartz et le problème de la silicification*. «C. R. Soc. Géol. Fr.», t. 15, 5.^a s., núm. 8.

GALVÁN, J.; ALVAREZ, C.; ALONSO, J., y CATALÁN, J. 1963. *Color en sedimentos II. Jacintos de Compostela*. «Anales de Edafología y Agrobiología», t. 22, núms. 11 y 12. Madrid.

GARRELS, R. M. 1962. *Mineral equilibria at low temperature and pressure*. New York, Harpers.

HARTLEB, J. 1969. *Stratigraphie, Tektonik und Vererzung in den östlichen Hesperischen Ketten*. Tesis Doctoral. Heil- delberg.

HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. 1916. *Criaderos de hierro de España*. «Mem. del Inst. Geol. y Min. de España», t. II.

— — 1944. *Yacimientos de mineral de hierro de las minas Wagner*. «Min. y Metal.», núm. 36.

— — 1952. *Condiciones más generales de los criaderos de hierro del Paleozoico*. «Inst. del Hierro y del Acero», número. 5, 241.

KINDELAN, V. 1918. *Criaderos de hierro en las provincias de Guadalajara y Teruel*. «Mem. del Inst. Geol. y Min. de España», t. XXIX.

KRAUSCKOPF, K. B. 1956. *Dissolution and precipitation of silice at low temperatures*. «Geoch. Cosm. Ada.», vol. 10.

— — 1959. *The geochemistry of silica in sedimentary environment*. «Sympos. Silica in Sediments. Soc. econ. Paleontol. Mineralog. Spec. Publ.», núm. 7. Tulsa.

— — 1967. *Introduction to Geochemistry. International Series in the earth and Planetary sciences*. McGraw Hill.

MILLOT, G.: 1900. *Silice, silex, silicifications et croissance des cristaux*. «Bull. Serv. Carte. Géol. Als. Lor.», 13.

OKAMOCO, G.; OKURA, T. y GOTO, K. 1957. *Properties of silica in water*, «Geochim. Cosmochim.», Acta 12.

PEREA, L. 1902. *Memoria sobre el Coto Minero de Alhohaja*, Bilbao.

TRIGUEROS, E. 1954. *El Triásico de las sierras de España*. «Estudios Geológicos», núm. 22.

VIRGILI, C. 1953. *El Triás de la Región de Olesa*, «Soc. Geol. de Francia», núm. 12.

— — 1960. *Le Trias du Nord-Est de l'Espagne*. Livre à la memoire du Professeur Paul Fallot, t. I.

Recibido el 14-X-1970.

Estudio de la haüyna presente en las rocas volcánicas de Arucas (Gran Canaria)

(Optica, quimismo, constantes reticulares y naturaleza de la roca encajante)

por P. AREVALO (*)

RESUMEN

Se estudia la haüyna presente en las rocas volcánicas de Arucas (Gran Canaria), por métodos químicos, ópticos, de rayos X y microsonda electrónica.

De los datos obtenidos se establece la fórmula estructural, el índice de refracción, los espaciados, las constantes reticulares y el grupo espacial correspondiente; asimismo por medio de la microsonda se ha visto la relación entre el color y la composición química.

También se estudia la roca en que encaja la haüyna, por medio del análisis químico, estudio óptico y con microsonda. Del primero se deduce la composición normativa, de la que se establece, unido a los datos mineralógicos obtenidos por los otros procedimientos, el tipo de roca y el magma correspondiente.

SUMMARY

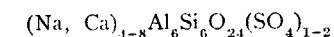
The haüyne present in the volcanic rocks from Arucas (Gran Canaria) is studied by chemical and optical methods, X-rays and electronic microprobe.

From the data thereby obtained, the structural formula, the refraction index, the spacings, the lattice constant and the conformable space group, are established. Likewise, by means of the microprobe, we have also studied the rock to which the haüyne was attached. From the chemical analysis the normative constitution was found. This, added to the mineralogical data obtained from the application of the other two methods, allowed us to establish the type of rock as well as the corresponding magma.

ANTECEDENTES

Los estudios realizados hasta ahora sobre el mineral del grupo de los feldespatoides, haüyna, son en su mayoría muy antiguos y ninguno reúne un conjunto de técnicas químicas, ópticas y cristalográficas que hoy día pueden aplicarse para la identificación y estudio de los minerales.

Barth (1) (2) y Machatschki (3) (4) estudiaron la estructura de la haüyna en los años 1932, 1933 y 1934 estableciendo como fórmula de la misma la siguiente:



(*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.

Datos de espaciados y constantes reticulares están en las publicaciones antes citadas, correspondientes a la haüyna del lago de Laach y de Tahiti, así como en Heritsch (5), de la haüyna rosa de la cantera de Wilhelmsdorf y del Stradner Kogel (Austria).

Los análisis químicos existentes son los de Lemberg (6) en 1883, de la haüyna de Niedermendig (Alemania); el de Parravano (7), en 1912, de la de Colli Albani (Italia); de la del lago de Laach hay análisis en las publicaciones de Barth y Machatschki antes citadas y en Brauns (8), del año 1922. La del Monte Volture fue analizada por Rittmann (9), en 1931. Los análisis más modernos se deben a Hernández Pacheco, en 1969 (10), correspondiendo uno de ellos a la haüyna de color azul de Arucas.

Valores del índice de refracción se encuentran en las publicaciones de Barth y Machatschki antes citadas.

La creencia actual (11) es que noseana y haüyna forman una serie isomorfa miscible en todas las proporciones, pudiendo considerarse a esta última como una noseana rica en Ca y en SO²⁻, mientras que sólo es posible una limitada solución sólida entre sodalita-noseana y sodalita-haüyna.

PROCEDENCIA DEL MINERAL EN ESTUDIO

Las rocas que contienen la haüyna que se estudia en este trabajo proceden de la región de Arucas (Gran Canaria); fueron tomadas al N. del volcán del mismo nombre por M. Weibel y colaboradores con motivo de una excursión geológica organizada por el Instituto de Cristalografía y Petrografía de la Escuela Politécnica Federal de Zürich.

Macroscópicamente la roca es una lava de color gris medio, sobre la que destacan cristales azul intenso de haüyna, los mayores de ≈ 7 mm. y algunos negros de piroxeno y anfíbol.

COLOR Y MORFOLOGÍA DEL MINERAL

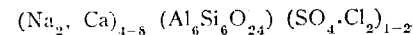
La haüyna no presenta un color uniforme sino que existen todas las graduaciones desde el azul intenso al blanco; estos últimos también los hemos tomado para el análisis, ya que tratamos de realizar un estudio de la composición media de este feldespatóide.

Otro aspecto de interés es, además de la no uniformidad de color, la no uniformidad morfológica de los granos del mineral, ya que unos muestran perfecto idiomorfismo, apreciándose claramente la forma de rombododecaedro, mientras otros se presentan en formas irregulares, generalmente transparentes, pero a veces también opalinos.

ANÁLISIS QUÍMICO Y FÓRMULA ESTRUCTURAL

El análisis químico se ha realizado según los métodos modernos de análisis de silicatos (Weibel (12) (13); SO²⁻ y Cl⁻ se han determinado según las nuevas técnicas de Tölg (14).

Para el cálculo de la fórmula hemos dividido la teórica:



en dos partes que se calculan por separado,

- (1) Na₆(AlSiO₄)₆
- (2) (Na₂Ca)₁₋₂(Cl₂·SO₄)₁₋₂

procediéndose para el cálculo como se expresa en el cuadro 1.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Se ha realizado la determinación en haüyna de diferentes colores (*), habiéndose obtenido los siguientes resultados:

Haüyna de color azul intenso	n = 1,500 ± 0,002
Haüyna de color azul pálido	n = 1,497 ± 0,002
Haüyna de color blanco	n = 1,495 ± 0,002

Como puede observarse hay un ligero incremento del índice de refracción con el color del mineral, aunque deba tomarse esto con ciertas reservas, ya que las diferencias quedan prácticamente dentro de la desviación estandar.

ESTUDIO DEL MINERAL POR RAYOS X

Hemos llevado a cabo las siguientes pruebas:

1.º Estudio de dos diagramas de Guinier de Wolff realizados uno de ellos con polvo de haüyna idiomorfa y otro con una mezcla del mineral de diferentes tonos de azul y blanco, empleando silicio metálico en polvo como standard interno.

Mediante estos diagramas hemos determinado todas las líneas de la haüyna con sus espaciados correspondientes e intensidades relativas.

2.º También hemos realizado dos diagramas de polvo con cámara tipo Gandolfi hechos con dos muestras, una de ellas de color azul intenso y otra blanco, para poder observar las posibles diferencias entre ambas.

Con estos diagramas hemos calculado las constantes reticulares de los dos tipos de haüyna, a partir de los espaciados de las líneas más importantes.

3.º Posteriormente hemos realizado un refinamiento por mínimos cuadrados de los valores obtenidos para las constantes reticulares, que simultáneamente nos ha permitido comprobar que todas las líneas estudiadas para la determinación de dichos parámetros estaban debidamente coordinadas con sus índices cristalográficos correspondientes. Para esto hemos empleado el programa «The X-Ray System of Crystallographic Programs», de J. W. Stewart et al.

(*) La determinaciones se llevaron a cabo a 20º C, comprobando después los valores de los líquidos empleados (Cargille) con un refractómetro Abbé de Leitz.

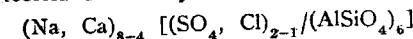
CUADRO 1

Análisis químico %	Pesos Molares	Núms. Molares	Oxigeno		N.º de iones en base 24, O
SiO ₂ 34,00	SiO ₂ 00,06	5,66	11,32	12,25	6,13
Al ₂ O ₃ 27,30	AlO _{3/2} 50,97	5,36	8,03	8,70	5,80
Fe ₂ O ₃ ,27	FeO _{3/2} 79,84	,03	,05	,05	,03
Na ₂ O 18,60	NaO _{1/2} 30,99	6,00	2,77	3,00	
			Σ = 22,17	Σ = 24,00	
			24		
			22,17		1,082
				,51	,26
				1,38	1,39
				,09	,05
				1,55	1,55
				,08 (x2)	,16
					1,70
					1,71
CaO ,27	CaO 56,08	1,23			
K ₂ O ,40	KO _{1/2} 47,10	,08			
SO ₃ 11,50	SO ₃ 80,06	1,43			
Cl ₂ ,54	Cl ₂ 70,91	,07			
		99,81			
O = Cl ₂ ,12					
		99,69			

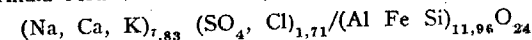
Balance iónico

Na	6,39		
Ca	2,78		
K	,05	S	3,10
Al	17,40	Cl ₂	,16
Fe	,09	O	48,00
Si	24,52		
			51,26
			51,23

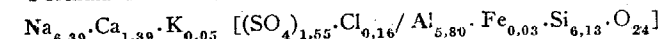
Fórmula teórica de la haüyna



Fórmula resumida de la haüyna estudiada:



Fórmula detallada:



4.º Se han calculado los valores de los espaciados d y sen² θ para todas las reflexiones del sistema cúbico y a partir de los datos encontrados experimentalmente se ha determinado que las extinciones que se presentan, en nuestro caso es hhl con l = 2n + 1, lo que nos ha permitido comprobar que todas ellas aparecían en los diagramas de Guinier de Wolff (*) y que el grupo espacial de la haüyna es el P 43 n. Los cálculos se han realizado con un programa del Instituto de Cristalografía y Petrografía de la E. T. H. preparado para este fin.

En la tabla 1 se dan los valores de los espacia-

(*) Salvo aquéllas de extrema debilidad.

dos obtenidos del diagrama de Guinier de Wolff de la mezcla de haüyna de diferentes colores, confrontados con los calculados por Machatschki de los datos de Barth de la haüyna de Laachersee.

Estos diagramas de polvo han demostrado la igualdad entre la haüyna idiomorfa y la mezcla de todos los demás tipos, ya que muestran exactamente las mismas líneas.

CONSTANTES RETICULARES

Se han calculado a partir de los espaciados de las líneas más importantes de los diagramas realizados sobre haüyna azul y haüyna blanca. Los valores obtenidos son:

Haiüyna azul
a = 9,08 Å

Haiüyna blanca
a = 9,05 Å

El refinamiento de estos valores por mínimos cuadrados ha dado el siguiente resultado:

$a = 9,08 \pm 0,01 \text{ Å}$ $a = 9,02 \pm 0,03 \text{ Å}$

Hay, por tanto, una ligera variación del valor de a relacionado con el cambio del color del mineral y que también está de acuerdo con la variación que encontramos en el índice de refracción.

TABLA 1

Radiación: Cu, $\lambda K_{\alpha} = 1,542 \text{ Å}$

Haiüyna de Arucas			Noseana-haiüyna calculada por Machatschki de los datos de Barth	
d	l	hkl	d	l
6,42	4	011	6,39	1
4,54	1,5	002	4,52	—
4,06	0,4	012	—	—
3,72	10	112	3,69	10
3,21	0,2	022	—	—
2,88	5	013	2,859	4
2,63	6	222	2,610	6
2,44	1	123	2,416	1-2
2,27	1,5	004	2,200	1-2
2,22	0,8	014	—	—
2,14	4	033-114	2,136	5
2,03	0,5	024	2,021	0,5 ?
1,93	1	233	1,928	1
1,86	0,1	224	1,845	0,5
1,81	0,3	034	—	—
1,78	4	134-015	1,773	4
1,659	0,3	125	1,651	-1
1,600	5	044	1,598	4
1,559	3	334-035	1,550	1-2
1,515	3	244-006	1,507	3
1,472	4	235-116	1,467	4
1,390	0,3	145	—	—
1,370	5	226	1,363	6
1,338	1	136	1,333	1-2
1,309	3	444	1,305	4
1,285	1	345	1,278	3
1,235	5	336	1,230	6

ESTUDIO DE LA HAIÜYNA POR MEDIO DE LA MICROSONDA

Con el fin de estudiar las posibles variaciones de composición en la haiüyna de diferentes tonos de

azul, blanca e idiomorfa, hemos llevado a cabo las siguientes determinaciones cualitativas y semi-cuantitativas por medio de la microsonda (ARL).

1.º Determinación de hierro

No se encuentra relación ninguna entre el color del mineral y el contenido en hierro.

2.º Composición cualitativa del mineral

Se midieron las longitudes de onda de las principales líneas de emisión, con cristal de ADP para las comprendidas entre 2,74 y 10,0 y LiF para las de 1,00 a 3,79 Å.

No se ha encontrado ningún elemento menor dentro de los límites de detección de la microsonda que puede ser el causante del color del mineral, solamente se han observado cantidades pequeñas de Ti, que son muy análogas en los diferentes tipos de haiüyna y aproximadamente constantes a través del cristal.

3.º Determinación de los contenidos de Cl y S

Estas determinaciones han dado el siguiente resultado: el contenido de S aumenta con el color del mineral, mientras que, por el contrario, la cantidad de Cl disminuye, siendo ésta más abundante en la haiüyna blanca.

4.º Se ha realizado una segunda determinación de los contenidos de Cl y S, no ya sobre los granos, sino a través de las secciones de haiüyna de una preparación de la roca, para comprobar si, como suponíamos, el S disminuye en el centro de las secciones y aumenta el color, ya que, como se dice en el estudio petrográfico, se observa una disminución de color azul desde el borde al centro de las secciones de haiüyna.

Esto se cumple perfectamente en algunas secciones, en otras que no está tan marcado creemos que es debido a que por ser la preparación bastante gruesa no siempre se trabaja en el centro del grano, sino en planos más o menos tangenciales.

Esta misma prueba ha demostrado también un incremento muy grande de Cl en las secciones de haiüyna, que corresponde a fino borde incoloro del que hablamos en la parte petrográfica.

EFFECTO DEL CALENTAMIENTO EN LA HAIÜYNA

Un calentamiento prolongado (~ seis horas) a 500º C. de la haiüyna transforma el color azul de

ésta en un tono rosa, color que también adquieren los fragmentos de haiüyna blanca. Si el calentamiento alcanza los 900º C, el color rosa pasa a pardo.

ESTUDIO DE LA ROCA ENCAJANTE

El estudio de la roca encajante es un complemento de indudable interés en el estudio de un mineral en ella englobado; por esto hemos realizado el mismo aplicando métodos ópticos químicos y de microsonda electrónica.

ESTUDIO ÓPTICO

La roca muestra sobre una matriz microcristalina con abundantes vesículas, numerosos fenocristales de piroxeno, anfíbol, haiüyna y feldespatos de menor tamaño, así como algunos accesorios: esfena, apatito y opacos, como ya ha sido citado por Boucart J. y Jeremín E. (17), Fuster, J. M. et al. (18), Hernández Pacheco, A. (10).

Haiüyna

Haiüyna se presenta tanto en perfecta forma idiomorfa como en secciones irregulares o pequeñas inclusiones en la matriz; en lámina delgada es incolora, algo grisácea, pero cuando la preparación es más gruesa (feldespatos amarillos) muestra un intenso color azul, que se desvanece en el centro hasta pasar a blanco, siendo esto principalmente observable en las secciones de mayor tamaño (ver foto de portada), mostrando, sin embargo, en el mismo borde una muy delgada capa incolora. Es isótropa, como corresponde a su carácter cúbico, aunque a veces muestra una ligera birrefringencia.

Según Tröger (15) los feldespatoides noseana y haiüyna se separan muy pronto del magma fundido, aproximadamente al mismo tiempo que los piroxenos, y cuando el mineral crece libremente en una de las numerosas vesículas de la roca, adquiere forma idiomorfa.

Piroxeno

Piroxeno es de color verde pálido a verde amarillento, pleocroísmo moderado, zonado.

De las medidas realizadas de $\epsilon \wedge c$, 2 V, signo e índice de refracción, parece que se trata de un tipo de augita.

Anfíbol.

Muestra un intenso pleocroísmo de color pardo amarillento a pardo rojizo en lámina delgada; en preparación algo más gruesa estos tonos se hacen más intensos, desde un color amarillo naranja hasta un rojo algo pardo profundo. Las secciones de anfíbol se presentan generalmente rodeadas por una aureola de productos de exudación, opacos.

Tiene un ángulo $\epsilon \wedge c$ muy pequeño, entre 5º-10º, $2V_{\alpha} = 76^\circ$ y un elevado índice de refracción $n_{\alpha} = 1,720 \pm 0,005$; $n_{\gamma} = 1,740 \pm 0,005$ (valores que dado el pequeño ángulo $\alpha \wedge x$ pueden considerarse como reales).

Todo lo anterior nos hace clasificar este anfíbol como una kaersutita con todos de cuyos caracteres ópticos, morfológicos y genéticos coincide, sin embargo cabe también la posibilidad de considerarlo como una hornblenda basáltica o también oxihornblenda, que sólo se diferencian del primero por la relación de su contenido en Fe^{+3} : Fe^{+2} y en Ti, por lo que sólo un análisis químico puede dar la solución (este trabajo nos proponemos realizarlo más adelante).

Feldespatos

La norma calculada para la roca que se expone en la parte petroquímica ha dado un elevado contenido de Or (20, 39) y Ab (27, 63) y una proporción muy pequeña de An (0,69). La observación de la lámina delgada nos muestra, como ya hemos dicho antes, que los feldespatos se presentan en microlitos formando la matriz de textura traquítica; estos feldespatos, con algunas excepciones, como luego veremos, no son plagioclasas, sino un feldespato potásico-sódico triclinico, es decir, un miembro de la serie sanidino-albita, rico en albita, esto es, una anortoclasa: ello no sólo está de acuerdo con la norma encontrada, sino con las características ópticas observadas, ya que la mayoría de las secciones del feldespato muestran una combinación de las maclas del periclino y de la albita, dando el típico enrejado que caracteriza tanto a microclina como a anortoclasa.

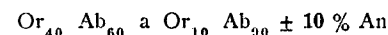
Muestra un índice de refracción inferior al del bálsamo, sin haber la posibilidad de que se trate de albita, ya que la máxima extinción para la zona $\perp (010)$ no es mayor que de 8º a 10º.

Dada la pequeñez de los cristales y la existencia de las maclas, es imposible la aplicación de un método óptico para discernir si el feldespato es monoclinico o triclinico, lo cual, por tratarse de una anortoclasa es aún más difícil debido al pequeño ángulo $\gamma \wedge \gamma (\approx) 5^\circ$

Para afianzar todavía más todo lo anteriormente expuesto, hemos llevado a cabo una determinación en lámina delgada, preparada con berilio metálico, por medio de la microsonda electrónica (debidamente calibrada para obtener simultáneamente los valores de Or + Ab + An = 100). Este estudio ha dado como resultado los valores que a continuación damos, los cuales deben considerarse teniendo en cuenta el error debido a la medida de alturas de impulsos, y a la variación de los resultados de un análisis puntual ante la inhomogeneidad de la masa feldespática, causada por los cambios de transformación difusiva y transformativa que tienen lugar según Laves (16) por enfriamiento, hacia K-analbita y albita:

An	5-10 %
Or	25-45 %
Ab	53-75 %

queda, pues, el feldespato perfectamente encajado en los valores dados por Laves para anortoclasa:



Existe también una muy pequeña proporción de falta de homogeneidad de la masa feldespática, causada por los cambios de transformación difusiva y transformativa que tienen lugar según Laves (16) por enfriamiento, hacia K-analbita y albita:

ANÁLISIS QUÍMICO

Análisis químico	Composición normativa
SiO ₂	An
Al ₂ O ₃	Or
Fe ₂ O ₃	Ab
FeO	Ne
MnO	Wo
MgO	Hy
CaO	En
Na ₂ O	Ru
K ₂ O	Ap
TiO ₂	NaCl
P ₂ O ₅	Na ₂ SO ₄
H ₂ O ⁺	
Cl	
SO ₃	
	100,00
	99,99
O ≡ Cl ₂	06
	99,93

Boucart y Jeremin (17), así como Fúster et al. (18) y Hernández Pacheco (10), han clasificado algunas rocas de este tipo como tahititas, así como Haussen y Benítez Padilla, según los citados autores.

Si consideramos los números de Niggli para nuestra roca en estudio.

si	al	fm	c	alk	k	mg
161,6	33,3	18,5	13,8	34,2	,20	,39

observamos que son muy análogos a los del magma lardalítico de Niggli (19) (20) (ardalita = larvikita con nefelina), que a continuación transcribimos:

si	al	fm	c	alk	k	mg
170	35	20	13	32	,3	,4

cuyo equivalente neovolcánico será muy próximo a la kenyta.

La tahitita, por el contrario, se separa más de nuestros valores como puede verse:

si	al	fm	c	alk	k	mg
136	31,5	22,5	18,5	27,5	,23	,29

podemos, por tanto, según esto, y teniendo en cuenta la composición mineralógica observada, clasificar esta roca en que encaja la haüyna estudiada en el presente trabajo como una fonolita haüynica procedente de un magma lardalítico.

Queremos expresar nuestro agradecimiento por su valiosa cooperación, a los Profesores C. Burri y M. Weibel, así como a los demás Doctores e Investigadores del Instituto de Cristalografía y Petrografía de la E. T. H. de Zürich, Fejer, Dr. Grieb, Gubser, Heusser y Dr. Schmid, que han colaborado con nosotros. También al Profesor García Blanco y Doctores Smith y Sanz, del Instituto Rocasolano, del C. S. I. C.

BIBLIOGRAFÍA

(1) BARTH, T. (1932). *The structures of the minerals of the sodalite family* «Z. f. Kristallogr.», 83, 405-414.
 (2) BARTH, T. (1932). *The chemical comp. of noselite and haüyne*, «Amer. Min.», 17, 466-471.
 (3) MACHATSCHKI, F. (1933). *Zur Haüynformel*. «Centralblatt f. Min.», 5, 145-150.
 (4) MACHATSCHKI, F. (1934). *Kristallstruktur von Haüyn und Nosean*. «Centralblatt f. Min.», 5, 136-144.
 (5) HERITSCH, H. (1965). *Mineralien aus dem Steinbruch bei Wilhelmsdorf am Stradner Kogel, südlich Gleichenberg, Steiermark*. «Tschermarks Min. Petr. Mitt.», 9, 228-241.
 (6) LEMBERG, J. (1883). *Zur Kenntniss der Bildung und*

Umwandlung von Silikaten. «Zs. D. Geol. Ges.», 35, 590.
 (7) PARRAVANO, N. (1912). *Sulla composizione chimica della Haüynite dei Colli Albani*. «Rendic. R. Accad. dei Lincei», 21, 631.
 (8) BRAUNS, R. (1922). *Die Mineralien der Niederrheinischen Vulkangebiete*. Stuttgart.
 (9) RITTMAN, A. (1931). *Gesteine und Mineralien von Monte Vulture*. «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 11, 240-252.
 (10) HERNÁNDEZ PACHECO, A. (1969). *The Tahitites of Gran Canaria and Haüynitization of their Inclusions*. «Bull. Volc.», 33, 701-728.
 (11) SAALFELD, H. (1964). *Mischkristallbildung Zwischen Sodalite, Noseane und Haüyne*. Naturw., 51, 481.
 (12) WEIBEL, M. (1961). *Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse*. «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 41, 285-294.
 (13) WEIBEL, M. (1961). *Die Aluminiumbestimmung in der chemischen Silicatanalyse*. «Zeit. f. Analytische Chemie.», 184, 322-327.
 (14) TÖLG, G. (1968). *Chemische Elementaranalyse mit kleinsten Proben*. «Verlag Chemie», Weinheim.
 (15) TRÖGER, W. E. (1967). *Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale*. «E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung», Stuttgart.
 (16) LAVES, F. (1960). *Al/Si Verteilungen, Phasen-Transformationen und Namen der Alkalifeldspäte*. «Z. f. Kristallogr.», 113, 266-296.
 (17) BOUCART, J., y JEREMIN, E. (1937). *La Gran Canarie, étude géologique et lithologique*. «Bull. Volcanologique», serie II, Napoli.
 (18) FÜSTER, J. M.; HERNÁNDEZ PACHECO, A.; MUÑOZ, M.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E., y GARCÍA CACHO, L. (1968). *Geology and Vulcanology of the Canary Islands, Gran Canaria*. Inst. «Lucas Mallada», C. S. I. C., Madrid.
 (19) NIGGLI, P. (1923). *Gesteins- und Mineralprovinzen*. «Verlag Bornträger», Berlin.
 (20) BURRI, C. (1964). *Petrochemical Calculations based on equivalents methods of Paul Niggli*. «Israel Program for Scientific Translations», Jerusalem.

Recibido: 10-XII-1971.

INFORMACION

Premio de Periodismo «Santa Bárbara» 1971

Reunido en el Instituto Geológico y Minero de España, el Jurado calificador del premio de periodismo «SANTA BARBARA» para juzgar los trabajos presentados en la convocatoria para 1971, con el lema general «La geología como base de la Ingeniería Civil» se adoptaron por unanimidad los acuerdos siguientes:

1.º Conceder el premio de periodismo «SANTA BARBARA» de 1971, dotado con 100.00 Pts., a D. José Rodríguez Alfaro.

2.º Convocar el premio «SANTA BARBARA» para 1972, dotado con 100.000 Pts., bajo el lema «Investigación de los recursos mineros de España y su repercusión en el desarrollo económico e industrial del país», y para el que regirán las mismas normas que en los premios anteriores

FALABRAS PRONUNCIADAS POR EL DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, SR. IZAGUIRRE RIMMEL, EN EL ACTO DE ENTREGA DEL PREMIO DE PERIODISMO «SANTA BARBARA 1971»

Ante todo quiero, en mi nombre y en el del Instituto Geológico y Minero de España, dar la enhorabuena a D. José Rodríguez Alfaro, por la obtención del Premio de Periodismo «Santa Bárbara», correspondiente al año 1971.

El Sr. Rodríguez Alfaro, a quien todos conocéis, es un experto periodista dedicado desde hace veinte años a la importante y difícil tarea de hacer asequible al público los temas técnicos y culturales. Importante, porque la elevación cultural es factor decisivo de progreso y estabilidad social; difícil, porque el hacer asequibles a todos estos temas culturales, requiere una mente clara y ordenada y un gran dominio de las materias tratadas.

Estoy seguro de que este merecido galardón, que no es el primero y no será, sin duda, el último, que reciba el Sr. Rodríguez Alfaro a lo largo de su profesión, será un estímulo para seguir poniendo su inteligencia y su buena técnica periodística al servicio del progreso cultural de los españoles.

Quiero ahora exponerles a ustedes —en pocas palabras— la importancia que a mi juicio tiene el tema elegido para nuestro Premio «Santa Bárbara» 1972:

La investigación de los recursos mineros de España y su repercusión en el desarrollo económico e industrial del país

En una conocida revista semanal española leí hace unos días la negra profecía obtenida por un equipo técnico que utiliza una gran computadora de la Universidad de Harvard.

Predecía que si la Humanidad no encuentra y aplica los remedios adecuados, en las proximidades del año 2100, la vida en la Tierra se habrá hecho imposible. Entre los datos manejados por la computadora, figuraba el lado de la creciente contaminación ambiental, el rápido aumento de la población y la falta de suficiente terreno cultivable, el agotamiento de los recursos naturales que utiliza la industria.

Yo no soy tan pesimista en lo que se refiere a los recursos mineros. Realmente nada es inagotable, porque si, ciertamente, los consumos de primeras materias minerales crecen y seguirán creciendo a velocidades cada vez mayores, la técnica para el aprovechamiento de minerales pobres, impulsada por la necesidad, seguirá encontrando nuevos procedimientos industriales para su utilización.

Pero lo que sí es urgente y necesario es que el mundo conozca las reservas (ricas y pobres) con que puede contar. Los países que no quieren quedar marginados en el desarrollo industrial —y España está entre ellos—, necesitan

conocer y valorar sus reservas minerales; las que con la técnica actual, son económicamente aprovechables y las que la técnica y escasez futura las conviertan en utilizables.

España guarda enormes reservas de minerales básicos en su complicada y áspera geografía: hierro, piritas, mercurio, plomo, cinc, estaño, potasas, bauxitas, níquel, por citar unas pocas de las más conocidas. A esto debemos añadir una inmensa variedad y cantidad de rocas industriales.

Muchas de estas sustancias constituyen yacimientos que se explotan actualmente, o son susceptibles de explotación. Otras muchas constituyen inmensas reservas que el futuro hará aprovechables. Para afirmar esto nos guiamos por indicios, pero no conocemos su verdadero volumen, porque España ha investigado muy poco sus reservas, quizás debido a su tradicional riqueza minera. Son, incluso, poco conocidas aquellas zonas objeto de explotación desde los albores de la era industrial.

En los últimos tiempos una ola de pesimismo ha envuelto a la minería española. Ha prosperado la idea falsa de una minería agotada, tras una antigua y poco racional explotación. Esto que puede ser cierto para determinados tipos de yacimientos y determinadas zonas del país, es totalmente incierto en la inmensa mayoría de nuestra geografía.

A poco que se busque siguen apareciendo nuevos y grandes yacimientos aprovechables. La realidad es que hasta ahora apenas hemos investigado nuestro potencial minero y, ese desconocimiento ha resultado gravísimo para una actividad minera, que no puede subsistir como negocio de ocasión sometido a los vaivenes de los precios internacionales, con explotaciones descapitalizadas y en gran proporción minúsculas. Una gran parte de nuestra minería, afortunadamente cada vez menos numerosa, es de esas características.

Solamente un conocimiento completo de cada yacimiento permite la seguridad en la explotación, con dimensiones, capitales y técnica de arranque adecuadas.

Consecuencia inmediata de esta falta de conocimiento de nuestras reservas y del estancamiento de la producción minera, es la evolución de nuestra balanza de pagos en metales y minerales. España, país autosuficiente e incluso exportador, hace pocos años, no ha podido desarrollar su ritmo de producción de minerales y metales, de acuerdo con la demanda de su industria en desarrollo. El saldo negativo en 1970 —perdonadme que sea esta la única cifra con que os aburra— ha sido de 19.980 millones de pesetas. Sin contar en ella el comercio de combustibles. Es de suponer que esta cifra siga aumentando en años sucesivos.

El Plan Nacional de la Minería ha puesto claramente de manifiesto esta situación y su principal recomendación para salir de este bache es el desarrollo de la investigación minera.

El III Plan de Desarrollo Económico y Social se hace eco de esta necesidad y prevé, por primera vez, importantes inversiones en el campo de esta investigación.

El Ministerio de Industria fomenta sin cesar la investigación minera privada.

Creo que además es necesario que el problema llegue a la conciencia del país. Por ello ruego a esta distinguida concurrencia su ayuda en la divulgación de esta necesidad de investigar nuestros recursos minerales.

El desarrollo económico e industrial de España la necesita. Una parte importante de este desarrollo es la utilización de los minerales y las rocas que Dios a puesto en nuestro País, con más proporción que en otros, tal vez para compensarnos de otras circunstancias desfavorables, que con Su Ayuda y nuestro tesón, estamos venciendo.

A continuación el Sr. Rodríguez Alfaro, con emocionadas palabras, agradeció el premio recibido.

Personal

PREMIO AL MEJOR TRABAJO EN LENGUA ESPAÑOLA PRESENTADO EN EL I CONGRESO HISPANO-LUSO-AMERICANO DE GEOLOGIA ECONOMICA

El pasado día 10 de abril tuvo lugar en el Instituto Geológico y Minero de España la entrega del premio que se concedía a la mejor comunicación española presentada al I Congreso Hispano-Luso-Americano, y que ha correspondido al Ingeniero de Minas Sr. Pastor Gómez, por su trabajo, «Los primeros rasgos paleogeográficos de la Península Ibérica. Ensayo sobre la Paleogeografía de la Península durante el Precámbrico superior y el Paleozoico».

El premio, dotado con 50.000 pesetas, está patrocinado por el Banco de Vizcaya.

Al acto de entrega asistieron los Sres. García Martínez

y Aparici Cava, en representación de dicho Banco, el Señor Gómez Angulo, como presidente de la Comisión Nacional de Geología, Organismo éste que tuvo a su cargo la organización de dicho Congreso, y el Sr. Izaguirre Rimmel como Director del IGME, a cuya plantilla pertenece el señor Pastor.

Tras unas breves palabras de presentación por el Sr. Gómez Angulo, el Sr. Pastor dio las gracias al Banco de Vizcaya, a la Comisión Nacional de Geología —organizadora del Congreso—, y a todos quienes con su voto le han permitido obtener el premio que «recibía emocionado por su valor moral y agradecido por su valor material».

A quienes pudieran ver, en el trabajo premiado, un escrito de carácter teórico, el Sr. Pastor se permitió recordar que las exploraciones oceánicas han permitido comprobar, per-

feccionándolas, las hipótesis de la deriva continental y explicar la evolución de los acéanos, obligándonos a revisar todas nuestras, hasta ahora firmes, teorías para explicar los más espectaculares fenómenos geológicos, incluida la formación de yacimientos minerales.

La sedimentología y la paleogeografía se contemplan actualmente como claves para el conocimiento de la génesis de yacimientos y, en consecuencia, para su descubrimiento, acercando así los criterios de exploración minera a los de exploración de petróleo, donde aquellas ramas de la Geología hace tiempo que se vienen utilizando provechosamente.

Es muy posible que, en breve, podamos hablar de rocas metalígenas y rocas o trampas metalíferas, pues metalíferos son los limos y arcillas que contienen las caprichosas «frambuesas» de piratas, los sedimentos con nódulos de manga-

neso y las salmueras con abundantes sales de cobre, zinc y otros metales.

Bien es sabido que la paleogeografía ha condicionado la formación de grandes reservas de hierro, bauxita, fosfato, sales y yesos.

El conocimiento de la evolución paleogeográfica, a través de estudios sedimentológicos, es decir, de la distribución evolutiva de las áreas sometidas a meteorización y erosión y de las áreas receptoras de sedimentos, se revela así como de capital importancia para la exploración de los más vitales recursos de nuestra civilización.

Y el trabajo premiado, terminó el Sr. Pastor, no es más que un modesto intento de explicar dicha evolución en la Península Ibérica, como hipótesis de trabajo para estudios más detallados.

Noticias

GEOLOGIA

CRATER «LUNAR» EN EL SUR DE ALEMANIA

En el Sur de Alemania, la denominada «hoya de Steinheim», es una hondonada circular de tres kilómetros y medio de diámetro, e identificada como cráter formado por el impacto de un meteorito, situada a unos 40 kilómetros del centro de Nördlinger Ries, que con más de 20 kilómetros de diámetro es el mayor y el más seguro astroblema de la superficie terrestre. El Ries presenta todas las características de los procesos de los grandes impactos: formación de un cráter, modificación de las rocas como consecuencia de las ondas de choque del impacto y masa de fusión del interior del cráter, surgida a causa del desarrollo de altas temperaturas.

La hoya de Steinheim ha estado considerada durante mucho tiempo como el cráter de un volcán, aduciéndose como más importantes las siguientes razones: un «cono» central de erupción, dentro de un orificio del cráter, que se eleva hasta 55 metros sobre el fondo del mismo, así como depósitos de caliza, que podían haber surgido posiblemente como consecuencia de la acción de fuentes termales. Este orificio se convirtió después de su aparición, hace de 10 a 15 millones de años, en un lago que se desecó lentamente durante el Eoceno. Debido a sus interesantes y abundantes fósiles —moluscos de agua dulce, venados, etcétera—, la hoya de Steinheim se ha hecho famosa entre los geólogos, estando considerada como estación clásica de la fauna y la flora eocénicas en un lago volcánico desecado.

El enigma de la hoya de Steinheim ha sido aclarado con la ayuda de dos sondeos profundos en el pretendido

cono volcánico. Sobre el resultado de los mismos han informado los doctores Paul Groschopf y Winfried Reiff (Departamento de Geología de Baden-Wurtemberg). En el caso de que la depresión fuera realmente un gigantesco cráter volcánico había que encontrar necesariamente en los sondeos rocas eruptivas volcánicas, como, por ejemplo, basalto. También tendrían que haberse registrado a profundidades grandes temperaturas elevadas, admitida la existencia de un volcán geológicamente tan joven.

Se hallaron, en cambio, indicios claros de ser la hoya un impacto causado por un meteorito. Las rocas del fondo estaban hasta los 603 metros —profundidad máxima de los sondeos— totalmente mezcladas y dislocadas. De acuerdo con mediciones sísmicas, la zona de destrucción tiene que llegar hasta unos 1.000 metros de profundidad. Las rocas del subsuelo de la depresión fueron deformadas por las «ondas de choque», fenómeno cuya existencia se ha comprobado siempre en los cráteres debidos a impactos de meteoritos. Se trata a este respecto de destrucciones de la estructura cristalina del cuarzo, que se hacen perceptibles en las superficies lisas de escisión, mientras que el cuarzo normal presenta superficies de ruptura irregulares y concoideas. Además, únicamente los cuarzos de las rocas situadas más arriba (areniscas del Jurásico medio) revelan claramente deformaciones producidas por ondas de choque. Los cuarzos de las areniscas de Keuper (Triásico) situadas más abajo, están en parte muy fragmentadas, pero no poseen superficies de fractura lisas.

Estos indicios permiten afirmar que la hoya de Steinheim surgió por una descarga de energía, la cual partió de la superficie terrestre y penetró en zonas más profundas, con la producción de ondas de choque, las cuales se propagan por el roquedo con una velocidad superior a la del sonido. En el cráter así formado fueron lanzadas

las rocas laterales y del fondo como consecuencia del fenómeno de «retroceso», surge un cono central. Tales descargas de energía no pueden proceder según la ciencia actual más que de un impacto cósmico, si bien se desconoce todavía si tales impactos son de meteoritos o de cometas.

AUMENTA LA SEPARACION ENTRE AFRICA Y ASIA

Hay indicios convincentes de que el Mar Rojo y el golfo de Adén aumentan todos los años en dos centímetros su anchura y de que Arabia se separa de Africa. La primera fase de una división continental, sin que se haya producido hasta aquí una separación, parece darse en el sistema de fosas tectónicas de Africa oriental. Geólogos y geofísicos de doce Universidades alemanas se proponen estudiar las causas de este fenómeno en las tierras bajas de Afar (Etiopía), con el apoyo de la Comunidad Alemana de Investigación Científica. Con técnicas sísmicas esperan obtener informaciones sobre la estructura física de la corteza terrestre y de la capa peridotítica inferior, y podrá ponerse en claro si se trata de una antigua corteza continental hundida y disuelta en el magma más profundo o bien de una corteza oceánica seca geológicamente más joven.

MINERIA

RESERVAS MINERALES Y CAUSAS DE LA SISMICIDAD EN LAS ISLAS EOLICAS

Un equipo italo-alemán de investigación, dirigido por los profesores H. Closs y Carlo Morcelli ha estudiado durante 1971 los fondos marinos, casi inexplorados hasta ahora, situados en torno de las Islas Eólicas y en la zona septentrional de la plataforma continental africana, con objeto de obtener nuevos datos sobre las causas de los frecuentes movimientos sísmicos allí producidos y sobre los recursos minerales y energéticos potenciales de las áreas exploradas.

ENERGIA

INSTALACION EUROPEA PARA EL ENRIQUECIMIENTO DE URANIO NATURAL

Actualmente, el enriquecimiento de uranio natural se efectúa casi exclusivamente en los Estados Unidos, donde la capacidad anual de las instalaciones para realizar dicho enriquecimiento se eleva a las 17.000 t. de uranio. Esta cantidad es lo suficientemente grande para satisfacer el consumo mundial actual; sin embargo, según se deduce de los cálculos realizados, para el año 1980 sólo para las cen-

trales nucleares europeas se precisará una cantidad de uranio enriquecido del orden de las 10.000 t., la cual habrá que duplicar en los cinco años siguientes, es decir, que para 1985 se calcula un consumo de unas 20.000 t. anuales. Esto significa que para dichas fechas tan sólo la demanda europea superará ya la capacidad actual de producción de las plantas norteamericanas de enriquecimiento de uranio (1).

Con el fin de poder satisfacer sus necesidades previsibles futuras, los gobiernos de Gran Bretaña, Holanda y la República Federal Alemana han firmado un acuerdo para el desarrollo y construcción de una instalación común de enriquecimiento de uranio con el proceso de centrifugación gaseosa, ya que, según los expertos, el proceso de difusión exige un consumo muy elevado de energía eléctrica, lo que hace que sea poco rentable para la situación financiera europea.

Para la realización del proyecto europeo se han creado dos sociedades: la «CENTEC GmbH», que se encargará del desarrollo del proyecto y de la construcción de la instalación, y la sociedad «Urenco Ltd.», para la puesta en marcha de la planta, una vez construida. En la sociedad «CENTEC» participa la firma alemana MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg). Esta sociedad se encargará fundamentalmente de la construcción de las centrifugas de gas necesarias. Como para una capacidad de tratamiento de unas 10.000 a 20.000 t. de uranio, se precisan millones de centrifugas, dada la pequeña capacidad de cada una de estas, y cada centrifuga alcanza un coste del orden de los 500 marcos, la cantidad presupuestada por la firma MAN para el montaje de una instalación de centrifugación con capacidad para separar unas 10.000 t. de uranio anuales asciende a unos 5.000 mills. DM. (100.000 mills. ptas.), de los que aproximadamente la mitad se invertirán en la construcción de las centrifugas.

Se calcula que el resto total de la planta es de unos 2.000 millones de DM (40.000 millones de pesetas).

PLAN DE DESARROLLO DE LOS RECURSOS ENERGETICOS DE LOS EE. UU.

El Presidente de EE. UU. ha anunciado la puesta en marcha de un programa de investigación y desarrollo de los recursos energéticos del país, que se realizará durante los próximos ocho años y cuyo costo ascenderá a 3.000 millones de dólares (unos 200.000 millones de pesetas). En el marco del citado programa se dará preferencia a los estudios sobre el reactor autorregenerador rápido refrigerado por metal líquido, a los relacionados con las tecnologías para el control atmosférico del bióxido de azufre y a los procesos de gasificación del carbón.

Hasta ahora se han invertido 840 millones de dólares (55.440 millones de pesetas), de los que 600 millones de dólares proceden de diversas agencias del Gobierno federal y 240 millones de dólares de la industria privada, en las investigaciones realizadas acerca del citado reactor, estimándose el costo de la construcción de un prototipo (de 300 a 500 Mw) en unos 500 millones de dólares (33.000 millones de pesetas).

HIDROCARBUROS

GAS NATURAL ARGELINO
PARA ESPAÑA

Argelia suministrará a España alrededor de 1.150 millones de metros cúbicos de gas natural al año, durante un período de más de veinte años, a partir de 1974, según establece el contrato que han firmado en Argel la compañía barcelonesa Gas Natural y la empresa estatal argelina Sonatrach. Ambas partes acordaron establecer una compañía conjunta para transportar y comercializar el gas argelino, transformándolo de su estado líquido a su estado natural después de haber sido embarcado.

DETECCION DE PETROLEO
VERTIDO EN EL MAR

J. P. Millard y J. C. Arversen, del «Amer Research Center» (NASA), ha puesto a punto una nueva técnica para detección del petróleo vertido en el mar, sirviéndose de un radiómetro o polarímetro aerotransportado, con el que se valora la reflexión luminosa de las manchas de petróleo. Permite calcular la extensión de éstas e incluso la composición del combustible.

DESCUBRIMIENTO DE UN IMPORTANTE
YACIMIENTO DE PETROLEO EN ARABIA
SAUDITA

Las prospecciones que venían realizándose en Marzaliy a 150 kilómetros al sureste de Ryad, han dado un resultado extraordinariamente positivo al ser localizada una importantísima cuenca petrolífera, con una dimensión estimada de 72 kilómetros de longitud y 13 kilómetros de anchura. Según los geólogos, en el desierto de Rub Al Jali es probable la existencia de otros yacimientos.

GAS NATURAL ARGELINO PARA ESPAÑA

Argelia suministrará a España alrededor de 1.150 millones de metros cúbicos de gas natural al año, durante un período de más de veinte años, a partir de 1974, según establece el contrato que han firmado en Argel la compañía barcelonesa Gas Natural y la empresa estatal argelina Sonatrach. Ambas partes acordaron establecer una compañía conjunta para transportar y comercializar el gas argelino, transformándolo de su estado líquido a su estado natural después de haber sido embarcado.

HIDROLOGIA

PLANTA EXPERIMENTAL DE
DESALACION DE AGUA

La firma norteamericana «Ionics Inc.», con la que ha establecido un contrato el «Consiglio Nazionale delle Ricerche» (CNR) de Italia, ha puesto a punto en Brindisi una planta experimental de desalación de agua salobre, cuyo rendimiento es de 5,9 millones 1/día. El procedimiento utilizado en la nueva planta, desarrollado y patentado por el CNR, combina los sistemas de intercambio iónico y de electrodiálisis, con una notable reducción de los costos de funcionamiento.

GLOSARIO ESPAÑOL-INGLES
DE TERMINOS HIDRAULICOS

La Sección de Recursos Hidráulicos del Servicio Geológico del Departamento del Interior de EE UU. está redactando un extenso glosario español-inglés de palabras y frases que cubren los campos de la hidrología, oceanología, geología, ingeniería hidráulica y la mecánica de los suelos, todas ellas en relación con los recursos de agua.

MINERALURGIA

PRODUCCION SIDERURGICA
EN EL MES DE ENERO

En base a las cifras provisionales disponibles, la producción de acero en el mes de enero asciende a 789.000 t., con un incremento del 3 por 100 en relación con la de diciembre de 1971. A su vez la producción de laminados en caliente se estima en 501.000 t. en producto, con una elevación del 1,7 por 100 respecto a la del mes anterior.

CONSUMO APARENTE DE ACERO
EN EL MES DE ENERO

La estimación provisional del consumo aparente de acero arroja en el mes de enero una cifra de 785.000 t., lo que representa un incremento del 6,5 por 100 en relación con diciembre de 1971.

COMERCIO EXTERIOR DE PRODUCTO
SIDERURGICO EN EL MES DE ENERO

Según las estadísticas de la Dirección General de Aduanas, las importaciones de productos siderúrgicos en enero de 1972 han sido de 152.232 t. en acero equivalente, con un aumento del 34,6 por 100 respecto a diciembre de 1971. Las exportaciones, con 95.720 t. en acero equivalente, han descendido un 27,5 por 100 sobre la cifra de diciembre.

SIDERURGIA EN LA FERIA DE BARCELONA

La próxima edición de la Feria Internacional de Muestras de Barcelona, que se celebrará del 3 al 13 de junio de 1972, contará con la participación de Altos Hornos del Mediterráneo, S. A., que presentará una maqueta de lo que habrá de ser, en su día, la cuarta planta siderúrgica española en Sagunto. La realización de la planta siderúrgica integral de Sagunto representa la inversión industrial de mayor volumen que se haya efectuado nunca en España. No hay que olvidar que esta planta figura entre los principales proyectos del III Plan de Desarrollo, con una capacidad de producción prevista de 6.000.000 de toneladas y con las más avanzadas técnicas de instalación. El propio III Plan de Desarrollo se decide por una estrategia orientada hacia la autosuficiencia en productos siderúrgicos, que a largo plazo llegue a cubrir aproximadamente el 90 por 100 del consumo nacional de acero.

Dentro de esta línea, y junto a la novedad que presenta Altos Hornos de Vizcaya, S. A., figurarán en la Feria otras empresas siderúrgicas, como UNESID, ENSIDESA-UNINSA, Boixareu, Ribera, Altos Hornos de Cataluña, que completan el programa de esta industria básica, soporte imprescindible de la actividad y producción industrial.

PRODUCCION SIDERURGICA
EN EL MES DE FEBRERO

En base a las cifras provisionales disponibles, la producción de acero ha sido de 725.000 toneladas en el mes de febrero. La media mensual del período enero-febrero de 1972 es superior en un 10 por 100 a la media mensual de 1971. En cuanto a producción de laminados en caliente, se estima la de febrero en 520.000 toneladas en producto. La media mensual del bimestre supera en un 9,9 por 100 a la media de 1971.

COMERCIO EXTERIOR SIDERURGICO
DURANTE EL MES DE FEBRERO

Según las estadísticas de la Dirección General de Aduanas, se han importado en febrero 144.654 toneladas en acero equivalente. La media mensual del período enero-febrero excede en un 54 por 100 a la media mensual del conjunto del año 1971. Las exportaciones del mes, con 65.384 toneladas en acero equivalente, arrojan una media mensual del bimestre, que resulta inferior en un 18,5 por 100 a la media mensual del año 1971.

CONSUMO APARENTE DE ACERO
DURANTE EL MES DE FEBRERO

La estimación provisional del consumo aparente de acero da un cifra de 875.000 toneladas en febrero, con una media mensual en el período enero-febrero que excede en un 25,7 por 100 a la media mensual del año 1971.

OBTENCION ARTIFICIAL
DE BARRAS DE RUBI

En el Instituto de Física del Plasma de Garching (Munich) se han obtenido recientemente rubíes artificiales para fines científicos con arreglo a dos técnicas.

En el sistema Verneuil se deja caer poco a poco una mezcla de polvo fino de alúmina y de óxido de cromo en una llama hacia abajo de gas oxhídrico. La mezcla se funde y se deposita en forma monocristalina en un germen cristalino introducido por la parte inferior. Se ha logrado la homogeneidad óptica de las barras de rubí y eliminado totalmente las inclusiones de restos de polvo no fundido. El rubí que se utiliza en el láser requiere un contenido determinado de cromo para acumular la luz incidente en estados estimulados y liberar su energía en los rayos láser coherentes.

El sistema de Czochralski, trabaja con un crisol de iridio, donde el polvo se funde con la ayuda de un horno eléctrico de inducción. El crisol y la masa de fusión están dentro de una atmósfera protectora de gas argón. Una barra de rubí que gira verticalmente en la masa de fusión se eleva a una velocidad de un centímetro por hora. En su extremo crece un rubí a partir de la masa de fusión en forma monocristalina, siendo posible obtener con este aparato barras de rubí de hasta 20 centímetros de longitud.

REUNIONES CIENTIFICAS

IX COLOQUIO INTERNACIONAL
DE ANALISIS DE LA MATERIA

Durante los días 2 al 6 de octubre de 1972, y organizado por Philips, se celebrará en Toulouse (Francia) el IX Coloquio Internacional de Análisis de la Materia, dedicado a los países latinos.

Este Coloquio puede considerarse como una continuación de los celebrados en años anteriores en Grenoble, Ginebra, Milán, Madrid, Bruselas, Lausanne, Lyon y Florencia.

La temática de estas reuniones internacionales, con idioma oficial francés, está básicamente orientada hacia las técnicas de la espectrometría de rayos X, espectrofotometría de absorción atómica y espectrometría de emisión.

Debido a la importancia fundamental de las citadas técnicas analíticas en sectores tan relevantes y variados como las industrias del cemento, químicas, farmacéuticas, metalúrgicas, mineras, etc., así como en laboratorios y centros de investigación y enseñanza, estos coloquios pueden ser considerados como un acontecimiento científico de primera magnitud, como lo muestra el hecho de ser el promedio de asistentes en años anteriores del orden del millar. De hecho constituyen una ocasión excelente para difundir los avances e innovaciones en las técnicas mencionadas en cada uno de los países participantes, así como una oportunidad de cambiar ideas y experiencias, máxime en un momento

como el actual, en el que estamos asistiendo a escala mundial al desarrollo e implantación de las nuevas generaciones de ordenadores, en el campo de la instrumentación analítica.

IV CICLO DE CONFERENCIA-COLOQUIO SOBRE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA GEOLOGIA

Organizado por IBERGESA y para el Departamento de Estratigrafía de la Facultad de Ciencias de la Universidad Complutense y para el Departamento de Geología Económica del C. S. I. C., ambos Centros de Madrid, se desarrollará del 24 al 28, inclusive, del mes de abril, el cuarto ciclo de conferencias-coloquio sobre «Aplicaciones Industriales de la Geología», y cuyo desarrollo será como sigue:

Día 24: Inauguración de la Exposición. Trabajos y proyectos de IBERGESA en el Salón de Exposiciones, Pabellón III.

Día 25: «Realización de mapas geotécnicos a distintas escalas», por D. Manuel Espejo Bueno, Lic. Ciencias Geológicas, y D. José Luis Peña Pinto, Ing. de Minas.

Día 26: «Aplicaciones de técnicas especiales en Hidrogeología», por D. Felipe Fernández Pompa, Lic. en Ciencias Geológicas, y D. Eduardo Piles Mateo, Lic. en Ciencias Geológicas.

Día 27: «Análisis de posibilidades mineras de un yacimiento», por D. José Armengot de Pedro, Dr. Ing. de Minas, y D. Juan León Coullaut Saenz de Sicilia, Ing. de Minas.

Día 28: «La Geología en la Investigación minera», por el Ilmo. Sr. D. José Ignacio Eizaguirre, Ing. de Minas, Director del I. G. M. E.

En este ciclo, además, se celebrará una exposición de trabajos y proyectos de IBERGESA.

CONTAMINACION

INFLUENCIA EN LA VIDA DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

Según un estudio realizado por H. Schimmel y L. Greenberg y expuesto en la última Reunión Anual de la «Air Pollution Control Association» celebrada en Atlantic City (EE. UU.), un 12 por 100 de los fallecimientos ocurridos durante el período 1963-1968 en Nueva York deben ser atribuidos a la contaminación del aire, considerada por los citados autores como factor desencadenante de las alteraciones que conducen a la muerte en aquellas personas portadoras de procesos crónicos pulmonares o cardíacos.

ECONOMIA

ELEVACION DEL PRECIO DEL ORO

Durante los últimos meses, coincidiendo con la desvalorización del dólar y el ajuste de las monedas, los precios

del oro registraron sensibles aumentos en los principales mercados europeos. Las cotizaciones, expresadas en dólares por onza troy, han seguido la línea que se observa en las series siguientes:

	Londres	París	Zurich
6 diciembre 1971	43,90	43,59	43,90
13 » 1971	43,57	43,32	43,80
20 » 1971	42,40	42,77	42,50
21 » 1971	43,10	42,98	43,15
22 » 1971	43,50	43,53	43,45
28 » 1971	43,55	43,66	43,50
29 » 1971	43,70	44,—	43,60
5 enero 1972	44,65	45,22	44,60
17 » 1972	46,30	46,57	46,20
21 » 1972	46,05	46,20	46,05
31 » 1972	48,10	47,89	48,30
2 febrero 1972	49,25	49,11	48,30

Los incrementos del 17 de enero, respecto al 20 de diciembre (vísperas de la desvalorización del dólar) se elevan al 9,1 por 100 en Londres, 8,8 por 100 en París y 8,7 por 100 en Zurich.

VARIOS

ADMISION DEL MOL COMO UNIDAD DE MATERIA

En el transcurso de la XIV Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en París en octubre de 1971, se acordó admitir el mol como unidad básica de materia del SI (Sistema Internacional de Medidas), sancionándose oficialmente asimismo el empleo de las unidades de presión (el «pascal») y de conductancia (el «siemens»), equivalentes, respectivamente, a 1 newton x m² y a 1/1 ohmio.

II CONCURSO: PREMIOS «CURSOS TECNICOS PROGRAMADOS»

Por Ediciones Paraninfo de Madrid y Philips Ibérica, S. A. E., ha sido convocado el II Concurso con miras a fomentar la investigación española y el desarrollo de modernos métodos de enseñanza.

Se premiarán los mejores originales que, basados y redactados según las normas del sistema pedagógico de «enseñanza programada», se presenten de las siguientes especialidades:

Electrónica general, soldadura eléctrica, electrónica industrial, fundamentos de la conmutación eléctrica, radio con transistores, radar, principio de servomecanismos, lumitecnica, magnetófonos.

Para cada uno de los nueve temas antes señalados, se establece un premio de 50.000 pesetas.

Además de los temas citados, se aceptarán también y

premiarán otros temas, ligados con las especialidades mecánica, eléctrica y electrónica.

Los autores de las obras premiadas percibirán, además de las 50.000 pesetas en metálico, el diez por ciento de derechos de autor, tanto en primeras ediciones como en sucesivas.

Para más información dirigirse a Ediciones Paraninfo, Calle Magallanes, núm. 21, Madrid-15.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

PRODUCTOS	1971 Junio	1971 Diciembre	1972 Enero	1972 Febrero
ALUMINIO				
Nueva York (centavos por libra)	29,—	29,—	29,—	29,—
Londres (libras por Tm.)	261,80	261,80	261,80	261,80
CINC				
Nueva York (centavos por libra)	16,85	17,85	17,85	17,85
Londres (libras por Tm.)	53-58	58-65	58-65	58-65
COBRE				
Nueva York (centavos por libra)	—	46,—	49,50	49,60
Londres (libras por Tm.)	467-472	395-403	411-412	422,—
ESTAÑO				
Nueva York (centavos por libra)	165,50	175,—	172,—	172,—
MERCURIO				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.)	293,—	266,—	238,—	215,—
Londres (libras por frasco de 34,5 kg.)	103-107	93-95	80-83	76-78
PLOMO				
Nueva York (centavos por libra)	15,—	14,50	14,50	14,50
Londres (libras por Tm.)	154,—	132,50	136,—	147-151
VOLFRAMIO				
Londres (libras por Tm.)	22-24	19,75-21,50	16-17,50	16-17,50

Información legislativa

PERMISO DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
59	4183	9-III-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Valencia.
65	4683	16-III-72	Ind.	Resol. otorgando concesiones de explotación minera que se citan, de la Delegación Provincial de Ciudad Real.
65	4684	16-III-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Huelva.
65	4684	16-III-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de La Coruña.
65	4684	16-III-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Lérida.
65	4685	16-III-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera que se cita, de la Delegación Provincial de Zaragoza.
65	4683	16-III-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Cuenca.
66	4757	17-III-72	Ind.	Resol. caducando explotaciones mineras, de la Delegación Provincial de Cáceres.
66	4759	17-III-72	Ind.	Resol. caducando explotaciones mineras, de la Delegación Provincial de Orense.
66	4760	17-III-72	Ind.	Resol. caducando la concesión de explotación minera, de la Delegación Provincial de Salamanca.
66	4757	17-III-72	Ind.	Resol. cancelando permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Badajoz.
66	4760	17-III-72	Ind.	Resol. cancelando permisos de investigación minera, de la Delegación Provincial de Valencia.
66	4756	17-III-72	Ind.	Resol. suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la prov. de Cáceres.
68	4910	20-III-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, de la Delegación Provincial de Palencia.
68	4910	20-III-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, de la Delegación Provincial de Pontevedra.
68	4910	20-III-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación, de la Delegación Provincial de Segovia.
69	4974	21-III-72	Ind.	Resol. notificando posible caducidad de las concesiones de explotación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Badajoz.
69	4976	21-III-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, de de Delegación Provincial de Oviedo.
69	4978	21-III-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, de la Del. Prov. de Huesca.
69	4978	21-III-72	Ind.	Resol. caducando el permiso de investigación que se cita, de la Deleg. Prov. de Oviedo.
69	4978	21-III-72	Ind.	Resol. cancelando los permisos de investigación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Oviedo.
69	4979	21-III-72	Ind.	Resol. otorgando los permisos de investigación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Teruel.
69	4980	21-III-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación que se citan, de la Delegación Prov. de Teruel.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
69	4980	21-III-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Valencia.
69	4980	21-III-72	Ind.	Resol. cancelando el permiso de investigación minera que se cita, de la Deleg. Prov. de Valencia.
69	4980	21-III-72	Ind.	Resol. caducando los permisos de investigación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Zaragoza.
71	5174	23-III-72	Ind.	Resol. otorgando concesión de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Guadalajara.
72	5269	24-III-72	Ind.	Resol. cancelando el permiso de investigación minera que se cita, de la Deleg. Prov. de Santander.
76	5600	29-III-72	Ind.	Resoluciones otorgando los permisos de investigación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Granada.
77	5700	30-III-72	Ind.	Resol. otorgando permisos de investigación minera, de la Deleg. Prov. de Gerona.
78	5768	31-III-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera que se citan, de la Deleg. Prov. de Murcia.
78	5766	31-III-72	Ind.	Resol. otorgando la concesión de explotación minera que se cita, de la Deleg. Prov. de Murcia.
78	5767	31-III-72	Ind.	Resol. otorgando el permiso de investigación minera que se indica, de la Deleg. Prov. de Badajoz.
80	5869	3-IV-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Cáceres.
80	5869	3-IV-72	Ind.	Resol. caducando las concesiones de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Ciudad Real.
80	5869	3-IV-72	Ind.	Resol. otorgando las concesiones de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Córdoba.
80	5870	3-IV-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Orense.
80	5870	3-IV-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Oviedo.
80	5870	3-IV-72	Ind.	Resol. caducando concesión de explotación minera, de la Deleg. Prov. de Teruel.

HIDROCARBUROS

80	5868	3-IV-72	Ind.	Orden aprobando el Convenio de Colaboración entre ENPASA y ENPENSA para regulación de las actividades en los permisos de investigación de hidrocarburos «Galicia A a F», en la zona I.
82	6035	5-IV-72	Ind.	Resol. anunciando concursos para adjudicación de permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).
91	9760	15-IV-72	Ind.	Resol. anunciando concursos para adjudicación de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).

RESERVAS

77	5698	30-III-72	Ind.	Orden prorrogando a favor del Estado investigación de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la zona Azuaga-Fuenteobejuna, en provincias de Badajoz y Córdoba, con reducción de la superficie inicial.
78	5766	31-III-72	Ind.	Orden estableciendo reserva provisional a favor del Estado para toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en una zona denominada «Fuentespalda (AI/I-4)», provincias de Teruel, Tarragona y Castellón de la Plana.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
85	6305	8-IV-72	Ind.	Orden reservando provisionalmente a favor del Estado toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en una zona denominada «Camarasa (AI/I-1-2)», de las provincias de Lérida y Huesca.
85	6305	8-IV-72	Ind.	Orden modificando, adecuación del perímetro a coordenadas geográficas y división en bloques, de la reserva a favor del Estado para sales potásicas, en la «Zona subpirenaica», comprendida en las provincias de Lérida, Huesca, Zaragoza, Navarra, Alava y Logroño.
VARIOS				
57	3997	7-III-72	O. P.	Resol. autorizando a D. Félix Jimena Ruiz para aprovechar aguas subálveas del arroyo del Cristo, en término municipal de Nerja (Málaga).
59	4177	9-III-72	O. P.	Resol. autorizando aprovechar aguas subálveas de la riera de Rustei y del torrente Salt Ses Eugues, en término municipal de Bagur (Gerona), a favor de D. Angel y D. Juan Aldrich Ferrer.
60	4268	10-III-72	O. P.	Resol. autorizando al Ayuntamiento de Rocafort y Vilumara (Barcelona), para alumbrar, mediante galería y pozo con elevación mecánica, y para aprovechar un volumen de aguas continuo de 2,31 litros por segundo del subálveo del torrente Mura, en términos de Rocafort y Vilumara y Talamanca (Barcelona), para abastecimiento de Rocafort.
60	4268	10-III-72	O. P.	Resol. autorizando a D. Antonio Doménech Massuet para aprovechar aguas subálveas de la riera de Arbucias, en término de San Feliú de Baxalleu (Gerona), para riegos.
60	4269	10-III-72	O. P.	Resol. autorizando a D. Fernando Guoizqueta Galbete y hermanos para aprovechar aguas subálveas del arroyo del Chopo, de Marbella (Málaga), con destino al abastecimiento de una urbanización.
60	4270	10-III-72	O. P.	Resol. autorizando a don Anselmo Xicoira Ferrer y doña Enriqueta Vidal Massa para extraer un caudal diario de 178.000 litros, equivalente a uno continuo de 2,05 litros, del subálveo de una riera sin nombre, para riego de 2,07 hectáreas de una finca de su propiedad, sita en término municipal de Montrás (Gerona).
60	4270	10-III-72	O. P.	Resol. autorizando a don Anselmo Xicoira Ferrer y doña Enriqueta Vidal Massa para aprovechar 64.500 litros, equivalentes a uno continuo de 0,745 litros por segundo, del subálveo de una riera sin nombre, para riego de 0,745 hectáreas, en Montrás (Gerona).
60	4267	10-III-72	O. P.	Resol. concediendo a la Comunidad de Aguas «Santa Ana» continúe labores de alumbrado de aguas subterráneas, en monte de propios del Ayuntamiento de Santa Cruz de La Palma (Santa Cruz de Tenerife).
62	4419	13-III-72	O. P.	Resol. autorizando a doña Nieves Montserrát Delhom aprovechar 1,25 litros por segundo de aguas subálveas de la riera de Calonge, en término municipal de Calonge (Gerona), para riegos.
62	4421	13-III-72	O. P.	Resol. autorizando a don Anselmo Xicoira Ferrer y doña Enriqueta Vidal Massa para aprovechar un caudal diario de 127.000 litros del subálveo de una riera sin nombre, para riego de 1.478 hectáreas, de una finca sita en término de Montrás (Gerona).
69	4978	21-III-72	Ind.	Resol. declarando minero-medicinales las aguas del manantial que se cita, de la Delegación Provincial de Huesca.
71	5166	23-III-72	Ind.	Resol. publicando la consulta relacionada con la sustancia denominada «dunita», respecto a inclusión en la sección B) Minerales, de la clasificación de sustancias establecidas por la vigente Ley de Minas.
90	0678	14-IV-72	O. P.	Resol. autorizando a don Miguel Vila Fonts aprovechar aguas subálveas del torrente Comas o de La Atalaya, de Cardona (Barcelona).

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
92	6824	17-IV-72	O. P.	Resol. concediendo a don Fernando Goizueta Galbete y hermanos aprovechar aguas subálveas del río Guadalmina, en Marbella (Málaga); para abastecimiento de una urbanización.
92	6824	17-IV-72	O. P.	Resol. autorizando a don Mariano Bordas Piferrer aprovechar aguas subálveas del torrente Golinóns; en San Pol de Mar (Barcelona), con destino a riegos.
93	6879	18-IV-72	Ind.	Decreto declarando de interés preferente el sector fabricante de sistemas nucleares y generación de vapor y de sus componentes, y convocando concurso para construcción y explotación de una planta industrial para fabricación de dichos sistemas.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

A. MALDONADO, y O. RIBA: *El Delta reciente del río Ebro: Descripción de ambientes y evolución*. «Acta Geológica Hispánica», t. VI, núm. 5, págs. 131-138, 1971.

Describen los ambientes de la llanura deltaica, fluviales y palustres, y los fluvio-marinos, en esencial el frente deltaico.

Esta llanura está constituida por el desarrollo constructivo de sucesivos lóbulos deltaicos, abandonados posteriormente y en parte erosionados. Describen la sucesión temporal de estos diferentes lóbulos.

La evolución reciente de la llanura deltaica está regida por la difluencia del cauce funcional recientemente ocurrida a la altura de la isla de Buda, y por la formación y erosión de barras frente a la actual desembocadura y en diversos puntos de la costa del delta.

Por medio de un estudio detallado aerofotográfico establecen las variaciones experimentadas por la línea de costa en los últimos veinticinco años.—L.

H. SOEDIONO: *Geological investigations in the chirivel area, province of Almeria south eastern Spain*. «Geologisch Instituut, 144 págs., Amsterdam, 1971.

Se trata de una tesis correspondiente a la colación de Grado, que tuvo lugar en la Universidad de Amsterdam el 30 de junio de 1971. En ella se recopila el resultado de una investigación geológica realizada por el autor durante los veranos de 1960, 1961 y 1962. El área estudiada está comprendida por las poblaciones de Vélez Rubio y Chiribel, en la provincia de Almería, en el Sudoeste de España.

El área investigada denominada de Chirivel, está situada sobre el contacto entre la Zona Bética y la Zona Subbética.

En la zona Bética existen varias unidades tectónicas (mantos de corrimiento) agrupados alrededor de un núcleo cris-

talino; denominado «Cristalino de Sierra Nevada». En el área investigada aparecen secuencias pertenecientes a dos mantos de corrimiento.

a) Una unidad alpujárride, compuesta principalmente por rocas metamórficas débilmente.

b) El Bético de Málaga, compuesto por rocas metamórficas muy débilmente o no.

En el área de Chirivel se han distinguido las siguientes formaciones, enumeradas de moderna a antigua:

1. Formación Estancias, compuesta por calizas y dolomías, pertenecientes al Triásico medio-tardío.

2. Formación Tonosa, compuesta por filitas y cuarcitas, de edad atribuible al Permo-Triásico.

3. Formación los Morenos, comprende filitas grafitosas y cuarcitas probablemente de edad Devono-Carbonífera.

Se encontró un afloramiento de rocas ígneas.

Las filitas (y en menor grado las cuarcitas) de la unidad alpujárride revelan una equistosidad bien desarrollada, marcada por una disposición paralela de laminillas de mica. En las rocas de formación Tonosa ha observado una equistosidad dominante y una equistosidad incipiente. En la secuencia de la formación los Morenos ha encontrado dos equistosidades.

Las rocas de la unidad alpujárride aflorantes en el área estudiada aparecen plegadas en un gran anticlinal asimétrico. Este anticlinal presenta un fuerte buzamiento hacia el Norte en el flanco septentrional, y un flanco meridional subhorizontal. El eje anticlinal se inclina suavemente hacia el Oeste.

A escala pequeña ha encontrado pliegues cuya magnitud oscila entre unos pocos metros y algunos centímetros.

El alpujárride está limitado hacia la parte septentrional por un contacto tectónico fuertemente inclinado, posiblemente una falla de desgarre.

En el área estudiada, el Bético de Málaga comprende las siguientes formaciones:

1. Formación Jardín, compuesta por calizas con grandes foraminíferos y pelitas con foraminíferos planctónicos. La edad de la formación es Eoceno Medio.

2. Formación Xiquena, compuesta por calizas y calizas arenosas con grandes foraminíferos; la edad es Paleoceno a Eoceno medio.

3. Formación Castillon constituida por calizas y dolomías. Estas rocas se las atribuye al Triásico medio-Jurásico.

4. Formación Saladilla, compuesta por rocas clásticas de color rojo y dolomías con yeso. A estas rocas las asignan generalmente una edad permotriásica.

5. Formación paleozoica Piar, comprendiendo depósitos de colores oscuros originados por corrientes de turbidez, calizas, rocas clásticas de grano fino y sílex.

Las rocas del Bético de Málaga están fuertemente tectonizadas; el plegamiento es más notable en las rocas de la formación Piar. La reacción principal de las restantes secuencias rocosas a los esfuerzos tectónicos ha sido la fractura. En las rocas de la formación Piar la tectonización ha iniciado una orientación (existen en ellas dos direcciones de equistoidad) de cristales de mica. La disminución en la intensidad de esta orientación desde el Sur hacia el Norte, es decir, conforme aumenta la distancia del corrimiento sobre el alpujarride, sugiere que esta orientación es resultado del plegamiento alpídico.

Un rasgo notable de la tectónica del Bético de Málaga es la disarmonía de la estructura tectónica según los límites entre las formaciones.

Dentro del Bético de Málaga ha distinguido tres subunidades caracterizadas por facies diferentes. Están limitadas por contactos tectónicos que buzanan fuertemente hacia el Norte. Asimismo observo un cierto número de contactos tectónicos buzando fuertemente hacia el Norte en la unidad de Castillones.

Estas zonas de tectonización, de dirección ENE-WSW, constituyen, junto con los planos de corrimiento, los rasgos más importantes de la estructura tectónica del área investigada.

Identificó la existencia de fallas de dirección NE-SW y SW-NE con fuerte buzamiento; se trata, probablemente, de los elementos tectónicos más modernos entre los existentes en el área estudiada.

El área situada entre el Bético de Málaga y el Subbético ha sido denominada «Zona intermedia». En esta Zona intermedia se distingue una formación más reciente que el Bético de Málaga. Existen también en el área mencionada otras unidades de posición tectónica incierta:

El grupo Ciudad Granada consta de tres formaciones; está compuesto principalmente por pelitas de coloraciones marrones y, en menor grado, por pelitas verdosas, calizas arenosas y conglomerados. La edad es oligomiocena. La posición tectónica es incierta. El estilo tectónico es comparable al de las rocas maláguides.

La formación Fuente comprende arcillas margosas de color verde con intercalaciones de sílex. Esta formación, fuertemente tectonizada, pertenece al Mioceno temprano.

La formación Espejos la constituyen calizas margosas verdes con intercalaciones de conglomerados y areniscas. La base de la formación está constituida por olitostromas. Es la formación más antigua, dentro del área investigada,

de entre las que contienen componentes detríticos de procedencia alpujarride y maláguide. Se sospecha se trata de materiales posteriores a la colocación de dichos mantos. La edad es Burdigaliense o Helveciense inferior.

La formación Pinar la atribuye a la Zona intermedia, si bien el área de afloramiento se encuentra rodeada por rocas subbéticas. Esta formación está constituida por rocas clásticas que han sido fuertemente tectonizadas. Las rocas son pobres en fósiles y consecuentemente difíciles de datar. El material fósil presente está probablemente rodado, procedente de rocas más antiguas. La relación con las rocas subbéticas que la rodean es tectónica. Hasta donde ha sido posible determinar, los detritus contenidos en la formación Pinar son exclusivamente de origen maláguide. Pertenece, probablemente, al Mioceno.

Las rocas subbéticas que afloran en el área investigada pueden situarse en dos grupos. El primero comprende las rocas más antiguas, aparece tan solo en una colina aislada: El Mojonar. Esta colina está constituida por dolomías coloreadas de la formación Vélez-Blanco, a la que suponen edad pre-Jurásica a Liásica.

También han sido encontradas calizas oolíticas y calcilitas de colores claros atribuidos a la formación Maimón. Estas rocas pertenecen probablemente al Jurásico superior. Las rocas de ambas formaciones fueron plegadas fuertemente e imbricadas; además de ello, han sido intensamente afectadas por fallas. El Mojonar está separado de su basamento por una superficie de corrimiento más o menos horizontal.

Dicho basamento se compone de rocas más blandas de la formación Taibena. Está constituida por calizas margosas de colores claros, situadas en la parte inferior de la formación (Cretáceo inferior a Paleoceno), mientras que la parte superior está compuesta por margas verdes con intercalaciones de calizas. Estas últimas fueron, probablemente, depositadas por corrientes de turbidez. La edad de esta parte de la secuencia abarca desde el Eoceno al Mioceno inferior. En su conjunto, la formación ha sido tectonizada fuertemente. Las margas han reaccionado plásticamente; la reacción de las calizas margosas, más probable, ha sido la fractura.

Un elemento tectónico de primordial importancia, además de los fenómenos ya mencionados, es una falla de dirección ENE-WSW. En la parte más oriental del área separa el sector donde afloran las calizas margosas más antiguas de la formación Taibena, de la región donde se encuentran las margas más recientes de la misma formación. La componente principal del movimiento, según el plano de falla, fuertemente inclinado, no puede ser determinada.

De entre los depósitos recientes y subrecientes, los depósitos aluviales son los más importantes. La composición de los sedimentos abarca desde conglomerados muy groseros hasta arenisca de grano muy fino. En ciertos puntos, la potencia puede exceder los cinco metros.

También se han encontrado retazos de un manto de caliche primitivamente mucho más extenso. En ciertas localidades este caliche alcanza dos metros de potencia.

Ha encontrado conos de deyección aluviales en las zonas montañosas, pero principalmente de la parte septentrional del área investigada. Estos conos de deyección aluviales están parcialmente cementados y parcialmente no cementados; están compuestos principalmente por cantos y bloques calizos angulosos y pocos redondeados. La matriz está también compuesta por material carbonatado.—L.

E. TEN HAAF, R. VAN DER VOO y H. WENSINK: *The S-External Pyrenees of Huesca*. Geol. Rundschau, 60, 3, páginas 996-1009, Stuttgart, junio 1971.

La serie neocretácea-paleocena está más o menos desgarrada del zócalo herciniano y desplazada al Sur como «Cadena caliza posterior». Una ancha zona de Flysch eoceno con intercalaciones calizas termina hacia el Este contra un accidente transversal contemporáneo y está afectada de una banda persistente de volcamento.

Acompaña al trabajo un mapa en dos hojas 1 : 175.000 de la zona. Sorprende que un trabajo realizado en España contenga resúmenes en alemán, inglés, francés y ruso y no lo tenga en español.—L.

Bibliografía Geológica Española (1969). «Acta Geológica Hispánica», año VI, núm. 6, págs. 153-176, noviembre-diciembre de 1971.

En este número sexto del Acta Geológica Hispánica, correspondiente al año 1971, se recopilan las referencias bibliográficas de los trabajos sobre geología española correspondientes al año 1969, con lo cual quedan completos los seis años que van de 1964 a 1969.—L.

PALEONTOLOGIA

M.^a L. CASANOVAS CLADELLAS y J. V. SANTAFÉ LLOPIS: *Ichitas de reptiles mesozoicos en la provincia de Logroño*. «Acta Geológica Hispánica», t. VI, núm. 5, páginas 139-142. 1971.

En la provincia de Logroño, cerca de Arnedo, se han descubierto dos yacimientos de icnitas, situados ambos sobre calizas wealdicas. Estas pisadas corresponden a animales bípedos tridáctilos. Por su tamaño, la presencia de almohadillados y su edad cronológica, indudablemente fueron impresas por Dinosaurios. No obstante, las diferencias morfológicas y aún de talla nos conducen a dos familias distintas: el primer yacimiento lo atribuyen a un representante de la familia de los Megalosauroides, probablemente *Megalosaurus Buckland, 1824*; las icnitas del segundo, son debidas al *Iguanodon Mantell, 1825*.—L.

JUAN BAUZA RULLÁN: *Contribuciones al conocimiento de la fauna ictiológica fósil de España (II)*. «Acta Geológica Hispánica», t. VI, núm. 5, págs. 149-151, 1971.

Describe un rostro de *Cylindracanthus*, proveniente del Cretácico superior de Izurdiaga.—L.

J. DOUBINGER, y C. ALVAREZ-RAMIS: *Contribution a la connaissance de la flore carbonifere des Pyrénées Basques (Larroun et Ibantelly)*. «Acta Geológica Hispánica», tomo VI, núm. 5, págs. 121-122, 1971.

Estudian fósiles del carbonífero de los Pirineos Occidentales, en ejemplares recogidos a ambos lados de la frontera franco española.

Determinan 33 especies, de las que 13 fueron citadas por primera vez en este trabajo. La edad atribuida al yacimiento, por la flora estudiada, corresponde a la mitad superior del Estefaniense B o a la parte inferior del Estefaniense C.—L.

S. CALZADA BADÍA: *Rhynchonella lata var. Milani, Bataller 1947 sulcirhynchia Miliani (Bataller, 1947)*. «Acta Geológica Hispánica», t. VI, núm. 5, págs. 143-146. 1971.

Revisa el autor la *Rhynchonella lata var. miliani* Bataller 1947, braquiópodo aptense de Morella (Castellón) empleando secciones seriadas. De su estudio deduce es la *Sulcirhynchia miliani* (Bataller, 1947). Aporta una información estratigráfica mayor.—L. DE A.

PETROLOGIA

J. M.^a FUSTER y L. GARCÍA CACHO: *Discusión sobre el metamorfismo regional del Guadarrama Oriental (Sistema Central español)*. Acta Geológica Hispánica, t. VI, número 5, pág. 123-130, 1971.

Los datos aportados por los autores confirman que el metamorfismo del Guadarrama Oriental corresponde al tipo distena-sillimanita. Su desarrollo zonal tiene analogías grandes con el metamorfismo barrowiense. Las zonas encontradas: clorita-cloritoide-estaurolita-distena-sillimanita, y el desarrollo generalizado del almandino en la mayor parte del ámbito metamórfico, indican unas condiciones de presión elevada y un gradiente geotérmico relativamente reducido. Este tipo de sucesión metamórfica se diferencia considerablemente del existente en otros sectores del Guadarrama Central y Occidental donde aparecen tipos de presión inferior y temperatura superior con andalucita o cordierita como minerales sintomáticos en grados elevados de este metamorfismo. Sostienen que para este sector no son aceptables los datos y conclusiones publicadas por Bard Capdevila y Matte (1970, 1971).—L. DE A.

OFELIA SUÁREZ: *Petrología de los afloramientos graníticos de Linares (Pola de Allande, Asturias)*. Studia Geologica, II, págs. 27-43, 1971.

Estudia dos apuntamientos graníticos pertenecientes a un mismo «stock», recubierto en parte por sedimentos terciarios de escasa potencia y emplazado en las pizarras del Narcea, del Precámbrico y series cuarcíticas del Cámbrico inferior.

Petrográficamente se trata de granitos calcoalcalinos y granodioritas biotíticas, a veces con anfíbol escaso y frecuentes enclaves microgranudos. Existen dos facies diferentes, una de grano grueso con megacristales de feldespato, y otra de grano más fino que carece de ellos.

Discute la posición en el conjunto de granitos hercínicos en la serie de granodioritas calcoalcalinas a la que pertenece.—L. DE A.

LUIS C. GARCÍA DE FIGUEROLA: *Un estructura interesante. El sinclinal Ordovicio-Silúrico de Sequeros-Ahigal de los Aceiteros*. Studia Geologica, págs. 45-56, 1971.

Considera el sinclinal Ordovicio-Silúrico de Sequeros-Ahigal de los Aceiteros, como una estructura que atraviesa la provincia de Salamanca de SE. a NW. En dos puntos se encuentra recubierto por el terciario y cuaternario, lo que permite establecer tres segmentos denominados: de Tamames, de Retortillo y de Bogajo. El último afectado por una fractura de «dicrochement» del sistema SW-NE, que lo curva hacia el E. No se observan desplazamientos mecánicos aparentes por las intrusiones graníticas inmediatas.—L. DE A.

A. IRMAK, F. GULCUR y W. A. MITCHELL: *Some granitic and andesitic soils in north-west Turkey (I. General description of the soils)*. Agrochimica, vol. XI, núm. 2, páginas 167-183.

Describen los autores dos grupos de terrenos forestales del noroeste de Turquía en roca de granito y de andesita, respectivamente, extraídos de áreas caracterizadas como tierras oscuras en condiciones climáticas del mismo tipo. Tales terrenos se encuentran a 1.300-1.800 metros de altitud y contienen una cantidad elevada de limo, probablemente atribuible a la acción del hielo. Los terrenos graníticos presentan un conglomerado algo más basto que los andesíticos, aunque manifiestan una ligera podzolización más acentuada en el terreno granítico.—L. DE A.

A. IRMAK, F. GULCUR y W. A. MITCHELL: *Some granitic and andesitic soils in north-west Turkey (II. Analytical and mineralogical studies)*. Agrochimica, vol. XI, núm. 3, págs. 237-245.

Los terrenos fueron sometidos al análisis físico-mecánico

y químico, y las fracciones arcillosas y la arena fina han sido examinadas con métodos difractométricos de rayos X y ópticos. Los terrenos sobre granitos presentan un grado bajo de saturación de bases y de capacidad de cambio catiónico. La fracción arcillosa y limosa de los terrenos andesíticos contiene cristobalita derivada de la roca madre.

Las diferencias mineralógicas entre los dos grupos son limitadas y de menor significado en relación a las del contenido en arcilla.—L. DE A.

OFELIA SUÁREZ: *Estudio petrológico del plutón de Boal (Asturias, NW. de España)*. Studia Geologica, II, páginas 93-113, 1971.

El plutón de Boal está emplazado en una serie pizarrosa atribuida al Llandeilo, donde desarrolla una aureola metamórfica cuya característica más notable es la presencia de quistolita de gran tamaño; dicha aureola se prolonga notablemente a distancias muy grandes del contacto según las estructuras de la zona.

De naturaleza ácida, está constituido por granodioritas y granitos cuya facies más común es de grano medio a grueso con megacristales. Son frecuentes los diques de pórfidos y más raros los de aplitas y pegmatitas.

Discute la autora su carácter y posición dentro del conjunto de rocas granitoideas hercínicas.—L. DE A.

Volcanic landforms and surface features. A photographic atlas and glossary. Edited by Jack Green and Nicholas M. Short. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg-New York.

«Formas y aspectos del paisaje volcánico». Un atlas fotográfico y un glosario de volcanismo. Editados por Jack Green y Nicolás M. Short. Obra editada por Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, Nueva York, XXVI, 519 páginas de texto, 198 láminas fotográficas, conteniendo cada una de ellas dos diferentes ejemplos de aspectos volcánicos de numerosos puntos del planeta Tierra, excepto las láminas finales 195 a 198, destinadas a la Luna. 30 x 21 cm. es el tamaño de la obra. En tela.

Hay además dos planisferios, uno en la tapa anterior y otro en la tapa posterior, en donde están marcados los volcanes actualmente activos y las calderas, distinguiéndose en aquéllos los subaéreos y los submarinos.

El constante interés que el hombre ha tenido desde que existe por conocer en detalle los astros, sobre todo su propio planeta y su satélite, la Luna, ha aumentado en grado sumo desde que le ha sido posible acercarse a ellos por medio directo o, al menos, valiéndose de la fotografía. Como era de esperar, los petrógrafos son los que más interés han mantenido desde el primer momento de esta nueva era sideral.

Esta obra está hecha por dos autores. Uno de ellos, Nicholas M. Short, pertenece a la N. A. S. A. En este grueso volumen se ha recogido cuanto de interés pueda ofre-

cerse al vulcanólogo, tanto en sus grandes perspectivas (volcanes, calderas, mantos de lava, etc.) como en los pequeños detalles, que permitan avanzar en el estudio y la comparación con otras formaciones eruptivas.

Las ocho últimas fotos están destinadas a describir algunos aspectos de la Luna, vista a distancias no muy alejadas de ella.

Para facilitar la lectura de esta obra, que también se dirige al interesado en general, se incluye un extenso glosario, que atiende a los términos usados y no sólo destinados a los especialistas.

La lista de láminas está dividida en secciones, que abarcan desde la A hasta la X. Cada sección comprende un número variable de láminas. La sección A, dedicada a la fenomenología de las erupciones, tiene 15 láminas. La B trata de las calderas. La C trata de los volcanes y de sus clases. La D trata de la estructura interna de los volcanes. La E está dedicada a los cráteres y mares (lagos cratericos). La F a los conos de cenizas y de tobas. La G de los domos y lacolitos. La H a las agujas peleanas (tipo Monte Pelée, Martinica), cuellos y diatremas. La I a los diques y filones-capas (sills). La J contiene varias láminas que muestran alineaciones de estructuras y grietas volcánicas. La L muestra ejemplos de corrientes de barro, mezclado con grandes o pequeños bloques, escorias, etc. La M contiene cuatro láminas dedicadas a los depósitos y aspectos piroclásticos. La N contiene láminas destinadas a mostrar las superficies y estructuras de las corrientes de lava y comprende desde la lámina 104 hasta la 122. El único ejemplo de los volcanes españoles está tomado de Lanzarote (lámina 112 A). La O contiene ejemplos de conos de ceniza, «hornitos», estalactitas de lava. La P muestra ejemplos de superficies de lava en bloques, «pahoehoe» (voz hawaiana), que indica lava fluida de aspecto cordado (*Diccionario Novo*, tomo II). La R muestra lavas almohadilladas de distintos aspectos. La sección S contiene buenos ejemplos de bombas de gran tamaño, así como de los cráteres producidos al caer sobre los materiales eruptivos que rodean los volcanes. La sección T muestra los diferentes aspectos de los depósitos volcánicos, cuya descripción fotográfica ocupa las láminas 162 a 177. La sección U se dedica a los aspectos resultantes de la erosión meteórica en las rocas volcánicas. La sección W está reservada a los geiseres y actividad hidrotermal (láminas 185-194).

Finalmente, las cuatro últimas láminas (195-198) están destinadas a presentar distintos aspectos de la superficie de la Luna, según haya sido la distancia a la cual se han acercado a ella los satélites «Orbiter» de la N. A. S. A.

Una breve introducción describe los clásicos tipos de erupción volcánica. Siguen dos páginas dedicadas al material bibliográfico utilizado.

La espléndida serie de fotografías se inicia con dos del famoso Parícutin, en Méjico, que comenzó su actividad el día 20 de febrero de 1943. Aunque se nota la falta de ejemplos típicos de las Islas Canarias y otras islas atlánticas, la abundancia de magníficos ejemplos de muchos otros si-

tios del mundo no reduce en modo alguno la finalidad conseguida por esta obra.—J. G. DE LLARENA.

Dictionary of Scientific Biography, volumen II, bajo los auspicios de «American Council, of Learned Societies» Charles Scribner's Sons. — Publisher New York, 1970, 628 págs.

Este segundo tomo, de edición tan cuidada como el primero, comprenden los apellidos desde Berger, Hans a Buys Ballot.

Entre los cultivadores de la Geología, Minería y Ciencias, afines, se incluyen 38 biografías.

Bergman, Torber Olof (Katrineberg 1735-1784), mineralogista con una importante aportación a la descripción física de la tierra (1766) y a las técnicas docimásticas (1780), algunas de las cuales, actualizadas, todavía se utilizan en los análisis de minerales.—Berthier Pierre (Neumours 1782-1861), minero y mineralogista, autor de varias publicaciones en los «Annales de chimie» y en los «Annales de mines», trató muy acertadamente los ensayos de minerales por vía seca. Se destacó en el estudio geológico de los Alpes y los Pirineos, colaboró en la Carta Geológica de Francia a escala 1/80.000 y a él se le debe un estudio interesante de los terrenos secundario y terciarios de la Provincia de Málaga. Beudant, Francois-Sulpice (París, 1787-1850). Iniciado en el campo de la paleontología, pasa al campo de la mineralogía donde estudia principalmente los carbonatos, dando a conocer un principio de combinación de sustancias minerales, conocido por Ley de Beudant-Beyrich, Heinrich Ernst (Berlín, 1815-1896). Cultivó la paleontología y la geología, aquella con aportación de descubrimientos muy interesantes, y ésta principalmente con cartografía, destacando la de 1/25.000 de parte de Prusia.—Billings, Elkanah (Billings Bridge, 1820-1876). Especializado en la descripción de fósiles y su interpretación en la estratigrafía. Dentro de este campo destacó en los fósiles del paleozoico. — Birge Edward Asahel (Troy, 1851-1905). Fue uno de los iniciadores de la limnología. — Bischof, Carl Gustav Christoph (Worth, 1792-1870). Dedicó su investigación a los cambios químicos que acompañan a los procesos geológicos y en general orientó de una manera científica las relaciones entre la geología y la química. — Blomstrand, Cristian Wilhelm (Vaxjo, 1828-1897). Profesor de química y de mineralogía con preferencia hacia los análisis de los minerales considerados en su tiempo como raros; monacita, ilmenita, tantalita, niobita y euxenita.—Bonney, Thomas George (Rugeley, 1833-1933). Además de sus estudios de glaciología, destacó como promotor de la petrografía en Inglaterra. — Boodt, Anselmus, Bocitus de (Burges, 1550-1632). Pretendió crear la gemología, destacando entre sus publicaciones la obra «Gemma-rum et lapidum historia», editada en 1609. — Borelli, Giovanni Alfonso (Nápoles, 1608-1679). Científico polifacético, destacó entre otros campos en la vulcanología. — Born, Ignaz Edler von (Karlsburg 1742-1791). Además de sus aficiones mineralógicas, lo tienen los húngaros como el descubridor de un procedimiento de amalgamación para la ex-

tracción del oro y la plata de los minerales sin fusión, el cual ya se había utilizado por los españoles en América. — Boué, Ami (Hamburg, 1794-1881, Orientó a geología hacia su aplicación en las obras públicas y realizó un intento de ensayo de carta geológica del globo terrestre. — Boule Marcellin (Montsalvy, 1861-1942), Iniciado en el estudio de cuevas, fue prácticamente uno de los fundadores de los estudios sobre paleontología humana. — Boulanger, Nicolás-Antoine (París, 1722-1759). Como ingeniero civil estuvo interesado en problemas de sedimentología y de geomorfología. — Bournon, Jacques-Louis Conde de (Metz, 1751-1825). En su obra en tres tomos sobre los carbonatos de cal y el aragonito, se realiza un completo estudio de las diversas variedades de cristales de calcita y aragonitos, que pudo localizar. — Bowen, Norman Levi (Kingston, 1887-1956). Preocupado por la evolución de las rocas ígneas, y la formación de los minerales de las mismas, fue uno de los grandes pilares de la escuela del magmatismo. — Bowie, William (Grassland, 182-1940). Establece una serie de relaciones entre anomalías de la gravedad y constitución geológica, inspiradas en sus conceptos de isostasia, de la que publicó una magnífica obra.—Brandt George (Riddarhyttan 1804-1786). Aplicó la química a la mineralogía, realizó investigaciones a fondo sobre el arsénico y afirmó que el cobalto era un metal diferente al mercurio, antimonio, bismuto y cinc. — Brandt, Johann Friedrich (Jüterbor. 1802-1879). Describió los fósiles cetáceos de Europa. — Bravais, Au guste Annonay, 1811-1868). Estableció su teoría sobre estructura y materia cristalina. — Breislak, Scipione (Rome, 1750-1826). Entre sus aportaciones fundamentales figura la litología de Campania, la geología de Milano y sus consideraciones sobre la estructura interna del globo. — Breithaupt, Johann Friedrich August (Probstzella, 1791-1878). Su principal aportación a la mineralogía se compendia en su libro sobre paragénesis de los minerales. — Brocchi, Giovanni Battista (Bassano, 1772- 1826). Con su publicación sobre la conchilología fósil subapenina, contribuyó de una manera eficaz los estudios paleontológicos en Italia. — Brochant de Villiers, Andre-Jean-Francois-Marie (Villiers, 1772-1840). Principal promotor de la publicación de un mapa geológico de Francia. — Brogger, Waldemar Christopher (Christinia, 1851-1940). Fue uno de los pioneros de la teoría de la diferenciación. — Brolili, Ferdinan (Muhlbach, 1874-1946). Destacó como paleontólogo en la unificación de las descripciones de los anfibios. — Bromell, Magnus von (Stockholm, 1679-1731). Escribió la primera descripción de plantas y minerales fósiles de Suecia y es autor de una clasi-

ficación de minerales des acuerdo con sus caracteres químicos. — Brongniart, Adolphe-Theodore (París, 1801-1876). Trabajo en los vegetales fósiles y su relación con la clasificación botánica y situación geológica. — Brongniart, Alexandre (París, 1770-1847). Padre del anterior, destacó en todos los campos de la geología y realizó una columna estratigráfica de los terrenos que constituían la corteza terrestre conocida en su época. — Bronn, Heirich Georg (Ziegelhausen, 1800-1862). Partidario de la evolución de las especies y de la sucesiva aparición de las organizaciones más complicadas, le sirvieron de base para establecer su secuencia cronológica de los fósiles. — Brooks, Alfredhulse (Ann Arbor, 1871-1924). Considerado como uno de los fundadores de la geología del ingeniero, trabajó en aplicaciones militares de la geología y fue el primero que sistemáticamente exploró la geología de Alaska. — Broom, Robert (Paisley, 1866-1951). Como paleontólogo estudió la evolución y clasificación de los reptiles del pérmico y triásico e interpretó los primeros descubrimientos de fósiles humanos. — Bryan, Kirk (Albuquerque, 1888-1961). Destacó en el estudio de las aguas subterráneas en regiones sedimentarias y áridas. — Buch, Leopold von (Stolpe, 1774-1858). Fue de los primeros colaboradores del mapa geológico de Alemania. — Buckland, William (Axminster 1784-1856). Geólogo general, realizó investigaciones dinámicas y estratigráficas, se opuso a la teoría Huttoniana de la erosión simple, debatió entre las teorías de formación de los valles «fluvialistas» y «diluvista» y también se ocupó de las causas físicas de las catástrofes terrestres. — Burnet, Thomas (Croft, 1685-1715). Su obra principal como geólogo fue «Telluris theoria sacra» motivo de controversias en los campos católicos y anglicanos.

La aportación de científicos españoles a esta biografía, se reduce a dos personalidades:

Bethencourt y Albitruji, omitiéndose las de científicos de tanto relieve internacional como el navegante Bethencourt (Juan), el historiador Biclara (Juan), el naturalista Bolívar (Ignacio), el ingeniero de minas Botella (Federico), el botánico Bolós (Francisco Javier), el pionero en la educación de los sordomudos Bonet (Juan Pablo), los médicos Borbón (Miguel), y Busto (Andrés), las cuales se publicarán en el suplemento.

Los dos mencionados Bethencourt y Molina, Agustín (Tenerife, 1758-1824), distinguido ingeniero, promotor de la Escuela de Ingenieros de Caminos de España y el astrónomo Alpetragius, oriundo de los Pedroches.—L. DE A.

PREMIO DE PERIODISMO

“SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1972

El INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio «SANTA BARBARA» para 1972, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia de LA INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MINEROS DE ESPAÑA Y SU REPERCUSION EN EL DESARROLLO ECONOMICO E INDUSTRIAL DEL PAIS.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1973.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar en los primeros meses del año 1973.

Ríos Rosas, 23

MADRID-3

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.