

En este número:

- Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. IV: Bioestratigrafía y Sistemática de los Arqueociatos.
- La Caliza Urbana (Ordovícico Superior) y sus tramos volcanoclásticos en el subsuelo del norte de El Centenillo (Jaén).
- Determinación biométrica de *Paradoxides mureroensis* Sdzuy 1958.
- Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (3.ª parte: Oxidación de paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice).
- Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias.
- La regulación de los manantiales y su incidencia en España.
- Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874

Tomo XCVIII. Sexto Fascículo. Nov.-Diciembre 1987

# boletín geológico y minero



geología • minería • aguas subterráneas • geotecnia • estudios de minerales • mineralurgia



Tomo 98  
Fascículo VI  
Noviembre-Diciembre 1987

# Boletín Geológico y Minero



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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	E. MORENO-EIRIS: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. IV: Bioestratigrafía y Sistemática de los Arqueociatos ... .. 3
	A. PINEDA VELASCO: La Caliza Urbana (Ordovícico Superior) y sus tramos volcanoclásticos en el subsuelo del norte de El Centenillo (Jaén) ... .. 54
	A. CALONGE GARCÍA y D. GIL CID: Determinación biométrica de <i>Paradoxides mureroensis</i> Sdzuy 1958 ... .. 68
<b>Minería</b>	J. A. LÓPEZ GARCÍA: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (3.ª parte: Oxidación de paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice) ... .. 76
	L. A. DÍAZ RODRÍGUEZ y C. J. FERNÁNDEZ: Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias ... .. 88
<b>Aguas subterráneas</b>	E. SANZ PÉREZ: La regulación de los manantiales y su incidencia en España ... .. 105
<b>Estudio de minerales y rocas</b>	L. GARCÍA CACHO, F. ANGUITA, V. ARAÑA, F. BARBERI, J. DÍAZ-GIL, R. ORTIZ y A. SBRANA: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ... .. 133
<b>Información</b>	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. Francisco de Angulo (17...-1815). Primera Dirección General de Minas (1788-1815) ... .. 138
	E. RUIZ DE SOMAVÍA CABELLO: La industria minera española durante 1986 ... .. 150
	Proyectos-Tipo para la minería ... .. 161
	Noticias y Notas bibliográficas ... .. 164
	Indice de materias ... .. 176
	Indice de autores ... .. 181

### DIRECCION, REDACCION Y PUBLICACION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid  
Teléfono 441 70 67

### ADMINISTRACION, DISTRIBUCION Y SUSCRIPCION

Doctor Fleming, 7, 2.º - 28036-Madrid  
Teléfono 250 02 03

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

**CENTRO DE PUBLICACIONES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA**

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

Sección delgada. N.C.×90. Corresponde a un episodio de metareniscas con silicatos  
cálcicos intercalados en la serie infracámbrica encajante de mina Fe de uranio (Sala-  
manca). Cuarzo y haces de tremolita fibrosa.

Depósito legal: M. 3.279-1958  
ISSN 0366-0176  
NIPO 232-87-001

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Telef. 259 57 55 - 28016-MADRID

## Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. IV: Bioestratigrafía y Sistemática de los Arqueociatos

Por E. MORENO EIRIS (\*)

#### RESUMEN

Los arqueociatos en los montículos arrecifales de Sierra Morena forman parte de los edificios orgánicos y de las facies asociadas. La diversidad taxonómica que existe en cada una de las localidades permite reconocer algunas formas preferentes en los distintos tipos de facies.

La distribución estratigráfica que presentan los diferentes taxones determina una edad concreta para las asociaciones estudiadas. Durante el Ovetiense Inferior se originaron los montículos arrecifales de la Sierra de Córdoba, mientras que los de Alconera son del Marianiense.

Se establecen correlaciones con otras áreas interpretando posibles relaciones paleogeográficas.

#### ABSTRACT

Archaeocyatha in Sierra Morena reef mounds are a manly elements of the organic building and the associated facies. The taxonomic diversity enable us to recognize the types of archaeocyatha wich are predominante in different facies.

The stratigraphic distribution of the taxa assign an age of the associations studies. During the lower Ovetiense are formed the reef mounds from the Sierra de Córdoba, nevertheless the reef mounds from Alconera are developed more later, during the Marianiense.

We can found correlations with other areas and explain the paleogeographic relationships.

#### INTRODUCCION

Los montículos arrecifales del Cámbrico Inferior de Sierra Morena se encuentran situados en las localidades de Alconera (Badajoz), Cerro de Las Ermitas y Canteras del Arroyo Pedroche, ambos en la Sierra de Córdoba. La estratigrafía de estas áreas se describe en MORENO-EIRIS, 1987 a), situando cada uno de los yacimientos en las distintas Formaciones a las que pertenecen, además de describir los diferentes tipos de litofacies que los caracterizan.

Los materiales en los que se hallan los arqueociatos presentan distintas características sedimentarias, y han sido afectados por diferentes procesos diagenéticos. El análisis de las microfacies permitió describir los distintos componentes y

sus relaciones, e interpretar las condiciones deposicionales en las que se desarrollaron las construcciones orgánicas en las que intervinieron, de un modo fundamental o accesorio los arqueociatos (MORENO-EIRIS, 1987 b).

#### Generalidades

Los arqueociatos constituyen un phylum de organismos marinos formados por un esqueleto de carbonato cálcico que se encuentran en las plataformas carbonatadas y en los ambientes arrecifales del Cámbrico Inferior. Únicamente un género de la familia Archaeocyathidae persiste en el Cámbrico Medio y llega hasta el Cámbrico Superior (DEBRENNE, ROZANOV & WEBERS, 1984).

Las afinidades del grupo han sido tema de continuas controversias; ha sido clasificado entre las Esponjas (ZIEGLER & RIETSCHER, 1970; BALSAM & VOGEL, 1973; DEBRENNE & VACELET, 1984); conside-

(\*) Departamento de Paleontología. Universidad Complutense. Instituto de Geología Económica. C. S. I. C. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

rado como un phylum independiente próximo a los Espongiarios (DEBRENNE, 1964; HILL, 1972); afín a las Algas (FISHER & NITECKI, 1982), e incluso considerado como un nuevo reino de organismos, ni animales ni vegetales (ZHURAVLEVA & MIAGKOVA, 1972, 1980).

La bioestratigrafía del Cámbrico Inferior elaborada en función de las faunas de arqueociatos y de trilobites, en diferentes regiones de la plataforma de Siberia y región de Altai-Sayan, permite realizar correlaciones estratigráficas a escala mundial, como la propuesta por ROZANOV & DEBRENNE, 1974.

En el Cámbrico Inferior durante el Tommotiense, primera etapa en la evolución de los arqueociatos, se encuentran únicamente en la plataforma siberiana, y los cálices presentan una porosidad muy sencilla en los elementos esqueléticos. La segunda etapa, en el Atdabaniense, se caracteriza por una mayor complejidad en las estructuras, y se inicia una distribución geográfica más amplia, invadiendo los mares cámbricos. Durante el Botomiense (o Leniense) alcanzan el máximo desarrollo y distribución. En el Toyoniense (antes Elankiense), persisten algunas formas de un modo disperso, y únicamente llegan al Cámbrico Medio y Superior representantes de un género de la Clase Irregulares.

#### Características estructurales

El esqueleto de un arqueociato está formado por dos conos invertidos coaxiales, relacionados por estructuras más o menos radiales que en general tiene aspecto de cáliz. La lámina exterior, generalmente perforada, constituye la *muralla externa*, mientras la *muralla interna*, siempre porosa, limita en su interior la *cavidad central*; el espacio entre las dos murallas es el *intervalo*, y en él se encuentran los *septos* perforados, radiales y longitudinales que pueden estar sustituidos por *barras* perpendiculares a las murallas o *varillas* oblicuas. También en algunos casos existen *tábulas* porosas horizontales, planas o curvadas, *tábulas espinosas* que atraviesan el intervalo y *sinapítulos* que unen entre sí septos contiguos.

Las estructuras de las murallas se pueden modificar por espesamiento y esto determina que los poros se transformen en *tubos*; por la formación de estructuras complementarias a los po-

ros, *espinas*, *brácteas*, etc., y por la aparición de una segunda *envuelta microporosa*.

El *tejido vesicular* es el único elemento esquelético no poroso y está constituido por finas láminas semiesféricas que se sitúan en el intervalo y en la cavidad central. Además pueden desarrollarse excrescencias esqueléticas tanto externas como internas al cáliz.

La mayor parte de los arqueociatos están formados por cálices cónicos, frecuentemente ceratoides en los primeros estadios, para pasar a formas cilíndricas en los estadios adultos. La morfología de los cálices, en general, es muy variada con formas cilíndrico-cónicas, discoidales, esféricas, etcétera. Existen tanto individuos aislados como coloniales, aunque estos últimos parecen menos frecuentes.

En el desarrollo ontogénico de un cáliz el primer estadio presenta una sola muralla, no porosa, que se fija al substrato, y los estadios sucesivos de su desarrollo transcurren en una de las dos líneas evolutivas posibles que determina que el organismo presente los caracteres propios de la Clase Regulares o de la Clase Irregulares (ZHURAVLEVA, 1960).

#### Mineralogía de la estructura esquelética

El esqueleto de los arqueociatos es de carbonato cálcico, formado por pequeños cristales equigranulares de calcita de 10 a 20 micras de diámetro, y con los ejes cristalográficos C sin ninguna orientación preferente (HILL, 1972).

La existencia de granos de calcita de mayor tamaño, y de formas irregulares, o incluso la aparición de cristales de composición diferente, como sílice o dolomita, es el resultado de los procesos diagenéticos que han afectado, en general, a los materiales del Cámbrico.

Los elementos esqueléticos de estos organismos son porosos, exceptuando el tejido vesicular, y pueden presentar engrosamientos secundarios; estos engrosamientos son a modo de capas de crecimiento paralelas que envuelven las murallas y los septos, y están compuestas de calcita lamelar, granuda o prismática.

La estructura esquelética está formada por calcita equigranular de 5 a 10 micras de tamaño, la cual constituye tanto los elementos porosos como

apurosos de los cálices. Las cavidades orgánicas, como cámaras intervalares, o cavidad central de los arqueociatos están ocupadas por sedimento interno o cementos. La matriz micrítica que rellena estos huecos puede presentar igual o diferente naturaleza que la matriz interpartículas. También rellenan las cavidades los cementos de calcita esparítica, con diferentes morfologías; el primer tipo es la calcita prismática, que se encuentra generalmente tapizando las paredes de las cavidades y un tamaño aproximado de 100×400 micras; el segundo tipo de cemento es el de calcita en mosaico con grandes cristales que rellenan total o parcialmente la cavidad, y alcanzan tamaños de 1.000 micras. Son frecuentes los rellenos geopetales dentro de las cavidades centrales de los cálices debidos a la precipitación de sedimento interno en la parte inferior y en la superior calcita esparítica.

La misma estructura esquelética constituida por microesparita equigranular por efecto de procesos neomórficos, tales como la recristalización, se transforma en cristales esparíticos de mayor tamaño y más claros, estos cristales crecen ocupando total o parcialmente los elementos esqueléticos, quedando la microesparita limitada a los bordes de estos grandes cristales neomórficos.

En algunos casos, cristales idiomorfos de sílice se encuentran relacionados con las estructuras esqueléticas de los arqueociatos; el crecimiento de estos cristales autigénicos de cuarzo se ha producido en un estadio de la diagénesis, con una nucleación importante y un carácter selectivo, ya que afecta exclusivamente a los elementos esqueléticos de los arqueociatos y no a los demás organismos. Este fenómeno se ha observado únicamente en las facies perirrecifales, brechoides y micríticas del Cerro de Las Ermitas (Córdoba). Los cristales de cuarzo crecen sustituyendo a los cristales de calcita originales, este proceso parece tener una dirección centrípeta, ya que afecta a la muralla externa en mayor proporción que a la interna, y a los septos en las zonas próximas a la muralla externa. Este proceso de silicificación tiene también un rasgo selectivo entre los cálices de la clase Regulares y los Irregulares, ya que estos últimos están menos afectados, y los cristales de cuarzo coexisten con la microesparita original.

#### Sistemática

La clasificación del phylum Archaeocyatha está

basada en los estudios ontogénicos comparativos de los cálices individuales realizados por ZHURAVLEVA (1960).

Las diferentes categorías taxonómicas son:

#### Clases

- Según el tipo de ápice se distinguen dos clases: REGULARES, con una o dos murallas, la muralla interna y los elementos radiales aparecen en el desarrollo ontogénico antes que el tejido vesicular. Los elementos radiales son barras, varillas y septos. IRREGULARES, el tejido vesicular aparece en la ontogénesis antes que la muralla interna y que los elementos radiales; estos últimos son varillas o septos ondulados. La porosidad de las murallas y los septos es menos constante que en los Regulares.

#### Ordenes

- Considerando la presencia o ausencia de muralla interna, septos y tábulas radiales.

#### Subórdenes

- Atendiendo a la existencia o no de barras radiales, de septos y de tábulas, y los diferentes tipos de éstas.

#### Superfamilias

- Considerando las estructuras de la muralla externa.

#### Familias

- Considerando las estructuras de la muralla interna.

#### Géneros

- Atendiendo a la variación de la porosidad y a las estructuras adicionales.

#### Dimensiones y coeficientes

En el estudio sistemático de los arqueociatos hemos considerado las características morfológicas y métricas, utilizadas por los especialistas de este grupo, para la clasificación de los taxones. Estudiamos los diferentes tipos de estructuras que presentan las murallas, su porosidad, com-

plejidad, etc., y presencia o ausencia de los distintos elementos intervalares.

Es imprescindible realizar una serie de medidas en cada una de las estructuras, como espesor, número y diámetro de los poros, interporos, número de septos, distancia entre ellos, anchura del intervalo, diámetro del cáliz..., y obtener aquellos coeficientes que relacionan unas medidas con otras dentro de cada uno de los ejemplares.

En las descripciones hemos utilizado los términos sistemáticos definidos en el «3.º Coloquio sobre los Arqueociatos», celebrado en Moscú en 1975.

Los coeficientes y abreviaturas empleadas son los siguientes:

*Coficientes específicos*

- D Diámetro del cáliz.
- H Altura del cáliz.
- I Intervalo.
- N Número de septos.
- ds Distancia entre dos septos adyacentes.
- dt Distancia entre dos tábulas adyacentes.
- IK Coeficiente intervalar: intervalo/diámetro del cáliz.
- RK Coeficiente radial: número de elementos radiales/diámetro del cáliz.
- IC Cámara interseptal: relación intersepto/intervalo, haciendo el intersepto de la muralla interna igual a la unidad.

*Porosidad de los elementos*

- n Número de poros.
- Ø Diámetro de los poros.
- i Distancia entre los poros, interporo.
- e Espesor de los elementos esqueléticos.

DESCRIPCIONES SISTEMATICAS

Clase: REGULARES VOLOGDIN, 1937.

Orden: AJACICYATHIDA BEDFORD & BEDFORD, 1939.

Suborden: DOKIDOCYATHINA VOLOGDIN, 1957.

*Diagnosis.* Cálices cónicos con dos murallas, las cuales presentan una porosidad simple o compleja. Intervalo ocupado por varillas o barras radiales con una sección transversal oval.

Familia: CORDOBICYATHIDAE PEREJON, 1975 a.

*Diagnosis.* Cálices con dos murallas. La muralla interna está formada por anillos completos en S, y la muralla externa con poros simples. El intervalo está atravesado por barras radiales, generalmente incompletas.

Género: *Cordobicyathus* PEREJON, 1975 a.

Especie tipo. *Cordobicyathus deserti* PEREJON, 1975 a.

*Diagnosis.* Muralla externa simple con poros a tresbolillo. Muralla interna constituida por anillos en forma de S. Intervalo ocupado por barras radiales de sección circular.

*Cordobicyathus deserti* PEREJON, 1975 a  
Lám. I, fig. 1

1975a *Cordobicyathus deserti* PEREJON - Perejón, p. 22; lám. 1, figs. 1-9. Cuadro 4.

1975b *Cordobicyathus deserti* PEREJON - Perejón, p. 135; lám. 3, figs. 1-9. Cuadro 4.

Holotipo: CE 3-7-4-2. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

Lámina I

Figura 1.—*Cordobicyathus deserti* PEREJÓN, 1975a.

Sección transversal. CE-2204/1a. Las Ermitas. Barra de 1 mm.

Figuras 2-4.—*Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN, 1937).

Figura 2.—Sección transversal. CP<sub>1</sub>-1904/3a. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 1 mm.

Figura 3.—Sección transversal de un cáliz totalmente silicificado. CE - 2501/2. Las Ermitas. Barra de 3 mm.

Figura 4.—Sección transversal. CE - 2300/2. Las Ermitas. Barra de 2 mm.

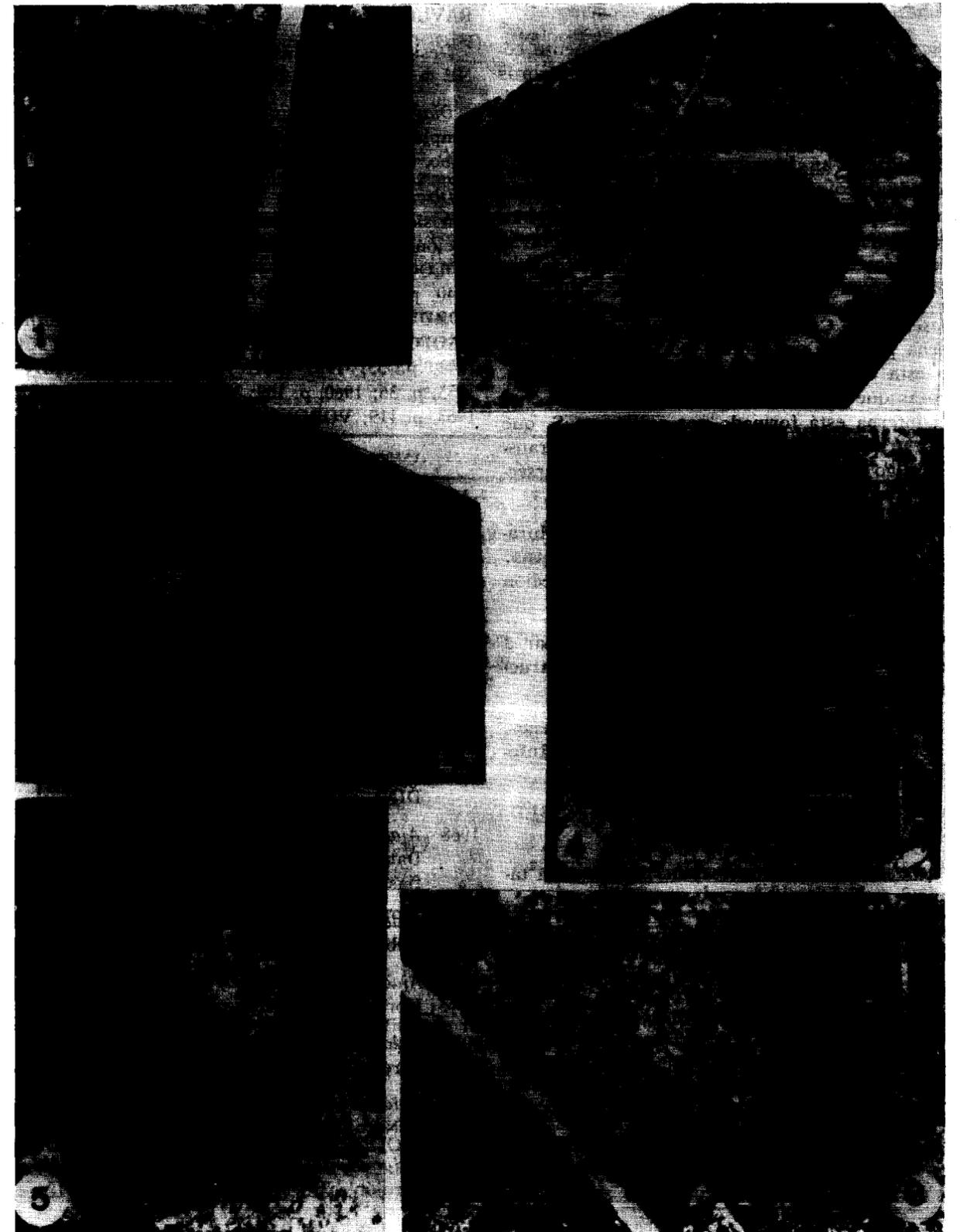
Figura 5.—*Aldanocyathus tratschenkoi* (VOLOGDIN, 1937).

Sección transversal del cáliz rodeado por filamentos de *Girvanella*. CE - 2405/2. Las Ermitas. Barra de 2 mm.

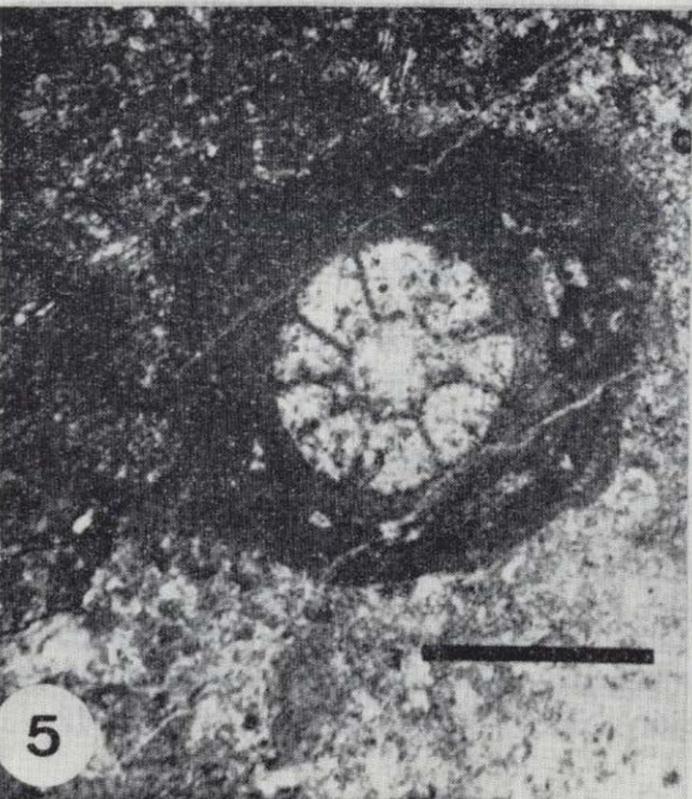
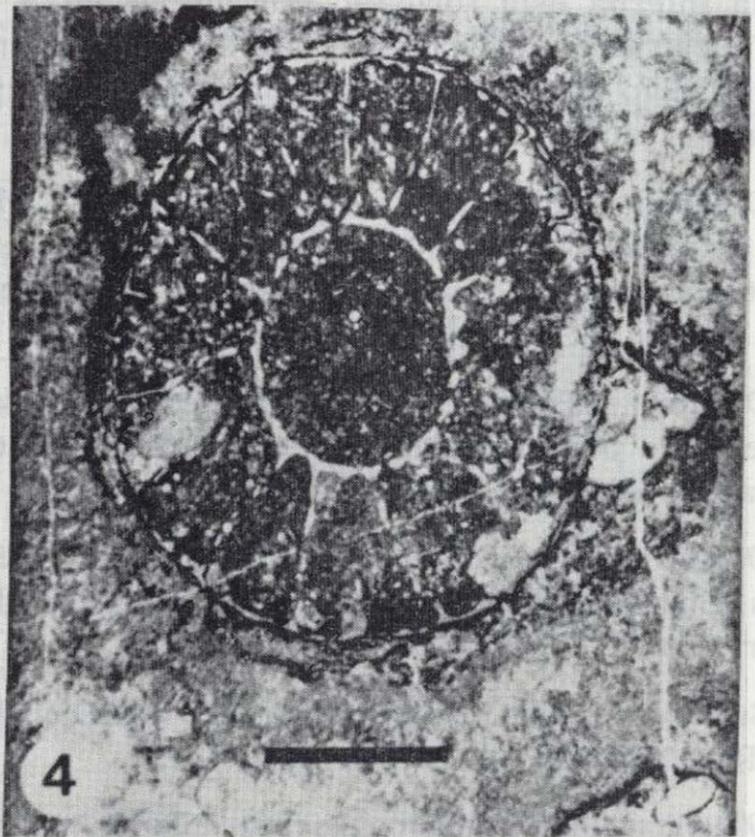
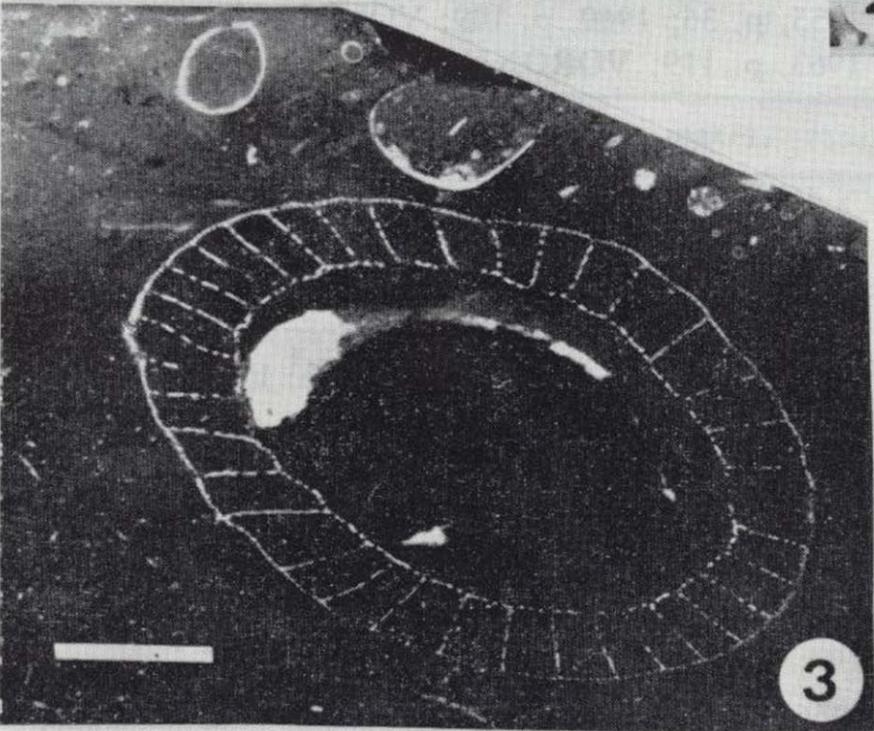
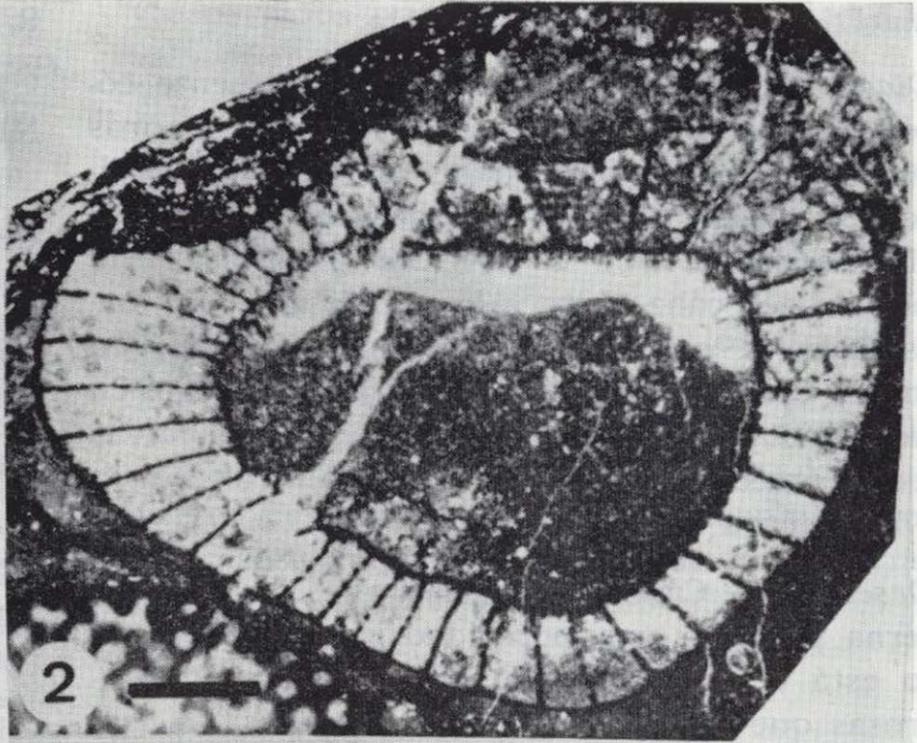
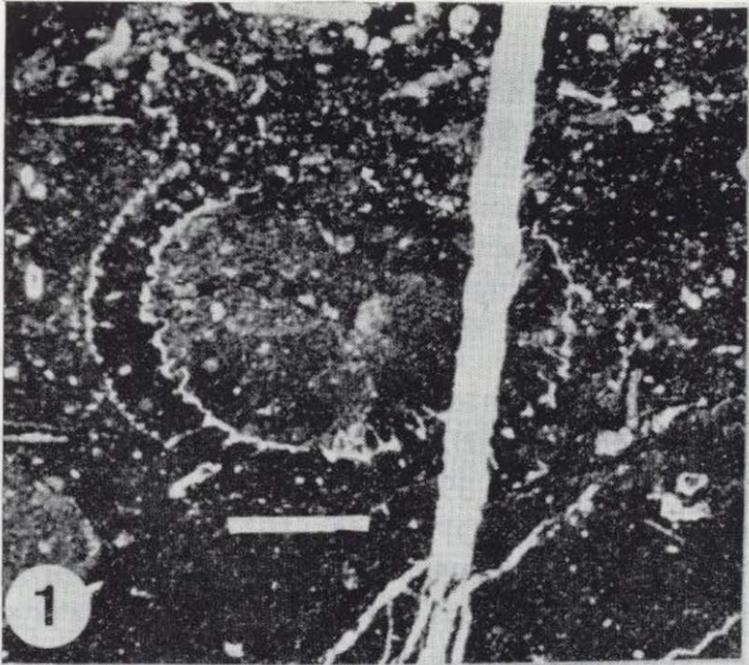
Figura 6.—*Aldanocyathus* cf. *sunnaginicus* (ZHURAVLEVA, 1960).

Secciones transversales de dos pequeños cálices (a y b). CP<sub>2</sub>-2111. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 1 mm.

LAMINA I



LAMINA I



Localidad tipo: Las Ermitas, Córdoba. Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: CE - 2204/1a.

**Diagnosis.** Cálices cilíndricos o ligeramente cónicos con dos murallas. Muralla externa con poros simples de formas poligonales en filas longitudinales paralelas. Muralla interna constituida por anillos completos en S dirigidos hacia la parte superior del cáliz. Intervalo atravesado por barras radiales que enlazan las dos murallas; en algunos casos relacionan las murallas, pero en general, no alcanzan la muralla opuesta. Las barras pueden crecer a partir de la muralla interna o de la externa indistintamente.

**Descripción.** Cáliz con dos murallas. La muralla externa presenta una porosidad simple. El intervalo está ocupado por barras radiales, poco numerosas que relacionan las dos murallas. La muralla interna está formada por anillos en S, que en nuestra sección, por tratarse de un corte transversal algo oblicuo, se puede observar la intersección del anillo con la superficie de corte.

**Dimensiones (mm.).** D 3,1; I 0,4; IK 0,13. Muralla externa: Ø 0,05; i 0,05; e 0,04. Muralla interna: distancia entre dos anillos 0,10; longitud sección del anillo l 0,30; e 0,11.

**Discusión.** Hemos asignado nuestro ejemplar a la especie por presentar las características estructurales y dimensionales de ésta.

**Distribución.** ESPAÑA. Córdoba. Pay Jiménez. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Calizas perirrecifales.

Suborden: AJACICYATHINA BEDFORD & BEDFORD, 1939.

**Diagnosis.** Intervalo con septos planos y sin tabulas.

Superfamilia: AJACICYATHACEA BEDFORD & BEDFORD, 1939.

**Diagnosis.** Muralla externa con poros simples. Muralla interna con poros simples, poros tubo o anillos.

Familia: AJACICYATHIDAE BEDFORD & BEDFORD, 1939.

**Diagnosis.** Muralla interna con poros simples con más de una fila de poros por intersepto en los cálices adultos.

Género *Aldanocyathus* VORONIN, 1971.

Especie tipo: *Ajacicyathus sunnaginicus* ZHURAVLEVA, 1960.

Designación original de VORONIN en DEBRENNE & VORONIN, 1971.

**Diagnosis.** Murallas externa e interna con poros simples. En ocasiones existen falsos poros en estribo. Septos completamente porosos.

**Discusión.** Muchas especies de *Aldanocyathus* han sido descritas anteriormente bajo la denominación de *Archaeocyathus* TAYLOR, 1910, p. 105; VOLOGDIN, 1931, p. 39; 1932, p. 41; 1937, p. 41; 1940, p. 120; KRASNOPEEVA, 1937, p. 22; BEDFORD & BEDFORD, 1937, p. 41, y de *Ajacicyathus* BEDFORD & BEDFORD, 1937, p. 63; OKULITCH, 1943, p. 55; 1955 (parte) E014; ZHURAVLEVA, 1955, p. 36; 1960, p. 109; VOLOGDIN, 1956, p. 878; 1963, p. 119; VORONIN, 1964.

*Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN, 1937)

Lám. I, figs. 2-4. Cuadro 1

1937 *Archaeocyathus anabarensis* VOLOGDIN, p. 22; lám. 4, figs. 1, 4c, 5a; lám. 5, fig. 4a.

1955 *Archaeocyathus anabarensis* VOLOGDIN - Zhuravleva, p. 76.

1960 *Ajacicyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Zhuravleva, p. 122; lám. 1, fig. 2; lám. 6, figs. 7-9; 82-83.

1966 *Ajacicyathus* ex. gr. *anabarensis* (VOLOGDIN) - Kallenin, p. 217; text. fig. 1.

1968 *Ajacicyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Datzenko, Zhuravleva et al., p. 133; lám. 2, figs. 1, 2.

1971 *Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Debrenne & Voronin, p. 30.

1972 *Ajacicyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Korshunov, p. 57; lám. 5, fig. 6.

1973 *Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Perejón, p. 182; lám. 1, figs. 1-2.

1973 *Aldanocyathus* cf. *anabarensis* (VOLOGDIN) - Perejón, p. 182; lám. 1, figs. 3-4.

1975c *Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Perejón, pp. 149-151; lám. 2, figs. 1-12.

1976 *Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Zhuravleva & Korshunov, p. 43; lám. 2, figs. 3-4.

1979 *Rotundocyathus anabarensis* (VOLOGDIN) - Voronin, p. 88.

Holotipo: VOLOGDIN, 1973, pulido 13, lám. 3, fig. 4a.

Localidad tipo: Río Anabar, Plataforma de Siberia. Horizontes de Keniada y Atdaban. Zona de *Archaeolynthus polaris*.

Material estudiado: once ejemplares procedentes de Las Ermitas y de las canteras del Arroyo Pedroche.

**Diagnosis.** Muralla externa porosa y lisa, con poros simples en filas longitudinales alternas. Muralla interna con 2 o más poros regulares en

filas alternas. Intervalo ocupado por septos finos y muy porosos, con una disposición radial y espaciados regularmente. Coeficiente radial con valores entre 3-4.

**Descripción.** Cálices ligeramente cónicos, con diámetros que oscilan entre 4-8 mm. y excepcionalmente alcanzan valores de 12-18 mm. El intervalo tiene una anchura de aproximadamente 1/4 en relación al diámetro total. La muralla externa es finamente porosa con filas longitudinales alternas de poros simples. Los septos presentan una disposición radial y la distancia entre ellos es constante, tienen numerosos poros. La muralla interna es fina y porosa, generalmente con un espesor algo mayor que la externa y está atravesada por dos o tres poros simples.

**Dimensiones (mm.).** Cuadro 1.

SIGLAS	1904/3b	2300/2	2303/a	1904/3a	2303/2	2501/3	2210/2a	2001c/2	2305/2a	2601/1a	2305/2b
D	4,2	4,8	4,8	5,6	6,8	7,6	8,0	8,1	11,2	16	18,4
I	1,3	1,6	1,2	0,70	1,2	1,6	1,6	2,2	2,0	1,8	3,2
IK	0,31	0,33	0,25	0,13	0,18	0,21	0,20	0,28	0,18	0,11	0,18
RK	-	3,9	4,6	(6,4)	4,7	4,7	3,5	-	2,7	3,7	3,2
IC	1:4	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:5	1:4	1:3	1:5
Muralla externa n	4-5	4-6	4-6	6	4-5	6-8	6-7	5-6	4-5	5-8	4-6
Ø	0,06-0,10	0,10	0,07	0,02	0,03-0,05	0,07	0,10	0,10	0,07	0,05	0,07
i	0,07-0,10	0,10	0,03	0,04	0,03-0,05	0,03	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
e	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,05	0,10	0,08	0,10	0,07
Muralla interna n	2	2	2	3	4	3-4	2-3	2	2-3	3-4	2
Ø	0,20	0,12	0,10	0,05	0,07	0,12	0,10	0,12	0,20	0,10	0,25
i	0,10	0,12	0,05	0,05	0,07	0,07	0,15	0,08	0,10	0,05	0,10
e	0,12-0,15	0,08	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,15	0,10	0,07	0,10
Septos n	4-5	4	6	6-9	8	5-6	8	9-11	6-8	8-10	7-10
Ø	0,10	0,20	0,15	0,04-0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,15	0,10	0,10
i	0,10	0,20	0,07	0,05	0,10	0,10	0,10	0,20	0,15	0,10	0,05
e	0,04	0,06	0,05	0,02-0,05	0,02	0,04	0,05	0,04	0,07	0,06	0,07

Cuadro 1.—Medidas y coeficientes de los ejemplares asignados a *Aldanocyathus anabarensis* (VOLOGDIN, 1937).

**Discusión.** Difiere de *A. sunnaginicus* (ZHURAVLEVA, 1960) por presentar un coeficiente radial menor; de *A. tkatschenkoi* (VOLOGDIN, 1937) por tener las cámaras interseptales más regulares y diferente coeficiente radial, y de las especies *A. pedrochei* PEREJON 1975 a, *A. valdegrajensis* PEREJON 1975 a y *A. zaharensis* PEREJON 1975 a, por la ausencia de poros-tubo en la muralla externa.

**Distribución.** UNION SOVIETICA. Plataforma de Siberia y Región de Kransnoiarsk. Cámbrico Inferior. Horizontes Keniada y Atdaban. Zona de *Archaeolynthus polaris* nivel de *Aldanocyathus anabarensis*. ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Montículos arrecifales. Córdoba. Las Ermitas. Pay Jiménez y Canteras del Arroyo Pedroche. Cámbrico Infe-

rior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Montículos arrecifales y calizas perirrecifales.

*Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN, 1937)  
Lám. I, fig. 5

1937 *Archaeocyathus tkatschenkoi* VOLOGDIN, p. 91; lám. 1, fig. 1b; lám. 3, fig. 1b; lám. 4, figs. 1, 2b, 5a; Text. figs. 4a-4c.

1940 *Archaeocyathus tkatschenkoi* VOLOGDIN - Vologdin, p. 52; lám. 8, figs. 1-3.

1960 *Ajacyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Zhuravleva, pp. 119-122; lám. 6, figs. 4-6; tab. 8.

1968 *Ajacyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Datzenko, Zhuravleva et al., p. 135; lám. 2, fig. 6.

1969 *Ajacyathus ex gr. tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Rozanov, Missarzhevski et al., lám. 30, fig. 4d.

1971 *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Debrenne & Voronin, p. 30.

1972 *Ajacyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Korshunov, p. 54; lám. 3, figs. 6-8.

1973 *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Rozanov, lám. 8, fig. 4.

1974 *Ajacyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Repina et al., p. 141; lám. 1, fig. 11; lám. 2, fig. 5.

1975c *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Perejón, p. 154; lám. 1, figs. 3-5.

1976 *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Zhuravleva & Korshunov, lám. 2, fig. 8.

1979 *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Voronin, pp. 70-71; lám. 2, figs. 8-10; lám. 3, figs. 1-8; lám. 9, fig. 10; figs. 10, 20.

1980 *Aldanocyathus tkatschenkoi* (VOLOGDIN) - Pospelov & Romanenco, pp. 62-63; lám. 11, figs. 5-7; lám. 12, fig. 1.

Holotipo: VOLOGDIN, 1937, t. 91, lám. 4, figura 5a, fig. 4.

Localidad tipo: Río Keniada? Siberia. Horizonte Keniada.

Material estudiado: CE 2405/2.

*Diagnosis.* Cálices con murallas porosas y cámaras desiguales que en el transcurso del desarrollo del cáliz tienden a homogeneizarse.

*Descripción.* Murallas finas y porosas, presentándose algo más espesa la externa, que en nuestro caso está totalmente envuelta por filamentos del alga *Girvanella*. Los septos son radiales, irregularmente porosos, y delimitan cámaras intervalares muy desiguales.

*Dimensiones* (mm.). D 2,4; I 0,8; IK 0,33; RK 3,7; IC 1:4. Muralla externa: n?; e 0,10. Muralla interna: n 2; Ø 0,10; e 0,06. Septos: n 2-4, Ø 0,10; i 0,10; e 0,06.

*Discusión.* La estructura irregular definida por la disposición de los septos la diferencia de las otras especies del género.

*Distribución.* UNION SOVIETICA. Plataforma Siberiana. Ríos Keniada, Aldan, Lena y Uchur. Región de Igarski. Cámbrico Inferior. Horizonte Keniada. ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Montículos arrecifales.

*Aldanocyathus cf. sunnaginicus*  
(ZHURAVLEVA, 1960)  
Lám. I, fig. 6

1960 *Ajacyathus sunnaginicus* ZHURAVLEVA, p. 115; lám. 5, figs. 6-9; text. figs. 33, 80.

1968 *Ajacyathus sunnaginicus* ZHURAVLEVA - Datzenko, Zhuravleva et al., p. 134; lám. 2, fig. 3.

1969 *Ajacyathus sunnaginicus* ZHURAVLEVA - Rozanov et al., lám. 28, fig. 5.

1971 *Aldanocyathus sunnaginicus* (ZHURAVLEVA) - Debrenne & Voronin, p. 30; lám. 1, fig. 4.

1972 *Ajacyathus sunnaginicus* ZHURAVLEVA - Korshunov, p. 52; lám. 3, figs. 4-5; lám. 2, fig. 8.

1974 *Aldanocyathus sunnaginicus* (ZHURAVLEVA) - Voronin, p. 131; lám. 7, fig. 11.

1975c *Aldanocyathus sunnaginicus* (ZHURAVLEVA) - Perejón, p. 153; lám. 1, figs. 6-10. Cuadro 2.

1979 *Aldanocyathus sunnaginicus* (ZHURAVLEVA) - Voronin, pp. 65-66; lám. 1, figs. 1-6; fig. 19.

1980 *Aldanocyathus sunnaginicus* (ZHURAVLEVA) - Pospelov & Romanenco, pp. 60-61; lám. 11, fig. 4.

Holotipo: PIN núm. 1.126 ex 5 - 834 a(1).

Localidad tipo: Río Aldan. Plataforma de Siberia. Horizontes Sunnagin y Keningiors.

Material estudiado: CP<sub>2</sub> - 2111.

*Diagnosis.* Cálices de pequeño diámetro y gran altura. Muralla externa fina con poros simples de 4 a 8 filas por intersepto. Intervalo ocupado por numerosos septos, cuyo coeficiente radial presenta valores medios elevados. Los septos son rectos y en disposición radial con poros dispuestos alternos. Muralla interna muy fina con poros simples.

*Descripción.* Cálices de pequeño diámetro con las dos murallas finas y porosas, cuya porosidad es simple. Intervalo con gran número de septos radiales y porosos.

*Dimensiones* (mm.). D 2,10; I 0,60; IK 0,28; RK 7,6; Ic 1:2. Muralla externa: n 4-6; Ø 0,02; i 0,03; e 0,04. Muralla interna: n 1-2; Ø 0,09; i 0,03; e 0,04; septos: n 4; Ø 0,05; i 0,07; e 0,03.

*Discusión.* Difiere de las otras especies por el valor del coeficiente radial que es considerablemente más elevado, a pesar de tener diámetros reducidos.

*Distribución.* UNION SOVIETICA. Plataforma de Siberia. Ríos Aldan y Lena. Cámbrico Inferior. Horizontes Sunnagin y Keningiors. Región de Igarski. Cámbrico Inferior. Horizontes Sunnagin y Keniada. Zona A. *polaris* nivel A. *sunnaginicus*. Río Sujarija. Cámbrico Inferior. Tommotiense. Zona A. *sunnaginicus* - T. *licis*. ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas, Pay Jiménez y Canteras del Arroyo Pedroche. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Calizas bioclásticas.

Género *Loculicyathus* VOLOGDIN, 1931

Especie tipo: *Loculicyathus tolli* VOLOGDIN, 1931 (= *Coscinocyathus irregularis* TOLL 1899) por designación original.

*Diagnosis.* Muralla externa simplemente porosa con una o más filas de poros por intersepto. Inter-

valo con septos radiales porosos. Muralla interna simple con una o más filas de poros por intersepto. Existe tejido vesicular, que a menudo atraviesa la cavidad central, pero puede estar ausente en las zonas superiores de los grandes cálices.

*Discusión.* Las especies asignadas al género *Neoloculicyathus* por VORONIN (1974, p. 134), presentan en la muralla externa tres o más poros y en la interna dos o más poros por intersepto. Sin embargo, en descripciones de algunas especies de *Loculicyathus* presentan uno o más poros por intersepto en la muralla interna; *L. membranivestitus* VOLOGDIN tiene una o dos filas de poros por intersepto en la muralla interna. *L. zolaensis* (MASLOV) tiene dos a cuatro filas de poros por intersepto en la muralla interna. Por tanto los argumentos relacionados con la porosidad de la muralla interna no parecen ser lo suficientemente determinantes como para diferenciar estos dos fenómenos: GRAVESTOCK (1984, p. 47) pone en sinonimia *Loculicyathus* y *Neoloculicyathus*.

*Loculicyathus cf. zolaensis*  
(MASLOV, 1957)

Lám. II, fig. 1. Cuadro 2

1957 *Mikhnocyathus zolaensis* MASLOV, p. 307; fig. 1, fig. 2, 1-7.

1960 *Loculicyathus zolaensis* (MASLOV) - Zhuravleva, p. 162.

1964 *Loculicyathus zolaensis* (MASLOV) - Voronin, pp. 18-21, lám. 1, fig. 8.

1965 *Mikhnocyathus zolaensis* MASLOV - Hill, p. 64; figs. 14, 10 a-b.

1972 *Loculicyathus zolaensis* (MASLOV) - Hill, p. E62.

Holotipo: PIN núm. 2038/1. Collect. Mikhno.

Localidad tipo: Río Zola. Trasbaikalia. Edad de Aldan.

Material estudiado: CE - 2204/1b y 2203/1.

*Diagnosis.* Cálices cónicos. En individuos adultos el diámetro puede alcanzar los 20 mm. y la altura del cáliz los 45 mm. Muralla externa fina con tres poros por intersepto, a veces los poros están ramificados. Muralla interna simple, con un espesor menor que el de la externa, presenta

dos o tres filas de poros por intersepto. Intervalo ocupado por septos relativamente regulares con cinco a seis filas de poros ovales. Existe tejido vesicular en el intervalo y en la parte inferior de la cavidad central. El holotipo presenta además unas endo y exoestructuras que el autor interpretó como órganos de asimilación.

**Descripción.** Cálices cuya muralla externa presenta una porosidad simple con cuatro filas de poros por intersepto. En torno al cáliz y envolviendo la muralla externa, en la sección transversal de uno de los ejemplares existen abundan-

tes filamentos de *Girvanella* en la sección longitudinal oblicua del otro ejemplar la muralla externa está también colonizada, en este caso por algas ramificadas, *Epiphyton*, con abundantes granos de cuarzo terrígeno aglutinados. La muralla interna presenta tres filas de poros simples por intersepto. En el intervalo se encuentran septos radiales muy porosos, cuya distribución es regular, y abundante tejido vesicular, que en ninguna de nuestras secciones atraviesa la cavidad central.

*Dimensiones* (mm.). Cuadro 2.

SIGLAS	Muralla externa					Muralla interna					Septos						
	D	I	IK	RK	IC	n	Ø	i	e	n	Ø	i	e	n	Ø	i	e
2203/1	7,2	1,6	0,22	3,75	1:4	4	0,08	0,08	0,12	3	0,10	0,10	0,10	5-6	0,05	0,10	0,09
2204/1b	-	1,6	-	-	-	4	-	-	0,15	3	0,10	0,10	0,13	6-7	0,10	0,15	0,10

Cuadro 2.—Medidas y coeficientes de los ejemplares asignados a *Loculicyathus cf zolaensis* (MASLOV, 1957).

**Discusión.** Difiere de *L. membranivestitus* VOLOGDIN, 1932 por tener mayor número de poros en la muralla interna, y de *L. magnus* (DEBRENNE, 1978) en el coeficiente intercalar y en las grandes dimensiones que alcanza el cáliz.

En nuestro caso, al no disponer de una sección longitudinal completa, carecemos de los datos suficientes para conocer la evolución en el desarrollo del cáliz, y por tanto lo asignamos a *L. cf. zolaensis*, especie a la que está muy próximo pero de la que difiere en el valor del coeficiente radial.

**Distribución.** UNION SOVIETICA. Trasbaikalia. Ríos Zola y Shir. Cámbrico Inferior. Horizonte Torgashino. ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Calizas arrecifales.

Familia: ROBUSTOCYATHIDAE DEBRENNE, 1964.

**Diagnos.** Muralla interna simplemente porosa, con una sola fila de poros por intersepto.

Género: *Robustocyathus* ZHURAVLEVA, 1960.

Especie tipo: *Archaeocyathus robustus* VOLOGDIN, 1937.

**Diagnos.** Cálices solitarios. Muralla externa simple con dos a cuatro filas longitudinales de

poros por intersepto. Muralla interna con una sola fila de poros, y pueden estar protegidos por espinas o brácteas dirigidas hacia arriba. Septos radiales porosos.

*Robustocyathus castellarensis* PEREJON, 1973  
Lám. II, fig. 2

1973 *Robustocyathus castellarensis* PEREJON - Perejón, p. 184; lám. 1, figs. 6-8. Cuadro 1.

Holotipo: A<sub>4</sub>III-13. Fac. Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz). Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: A<sub>1</sub>B - 317/4. Alconera.

**Diagnos.** Cálices cilindro-cónicos. Muralla externa perforada y lisa. Muralla interna con un solo poro por intersepto. Los septos radiales, débilmente engrosados hacia la muralla externa, están perforados por numerosos poros.

**Descripción.** Cáliz con la muralla externa finamente porosa, cuya estructura se puede observar bien en aquellas zonas donde no se encuentra colonizada por las algas calcáreas que rodean el cáliz. El intervalo está ocupado por septos radiales

con numerosos poros. Muralla externa con un solo poro por intersepto.

*Dimensiones* (mm.). D 8; I 3; IK 0,30; RK 3,9; Ic 1:4. Muralla externa: n 3-5; Ø 0,12; i 0,20; e 0,10. Muralla interna: n 1; Ø 0,40; i 0,20; e 0,20. Septos: n 6-8; Ø 0,20; i 0,20; e 0,15.

**Discusión.** Hemos asignado nuestro ejemplar a esta especie por presentar coeficientes y medidas similares, salvo la excepción del coeficiente radial (RK), en nuestro caso algo menor.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Robustocyathus* sp. 1  
Lám. II, fig. 3

Material estudiado: A<sub>1</sub>A - 601/3. Alconera.

**Descripción.** Cáliz con numerosos poros simples en la muralla externa. Muralla interna con un solo poro por intersepto. Intervalo ocupado por septos radiales muy finos y porosos, que en algunos casos se bifurcan.

*Dimensiones* (mm.). D 5; I 1,4; IK 0,27; RK 7-8; Ic 1:5. Muralla externa: n 3-4; e 0,06. Muralla interna: n 1; Ø 0,15; e 0,16. Septos: n. 6; e 0,03.

**Discusión.** La relación de coeficientes y medidas está muy próxima a la especie soviética *syssoevi* KORSHUNOV 1969, citada exclusivamente en materiales de edad Atdabaniense. La calidad de nuestro material no es lo suficientemente idónea como para asignarla sin ningún tipo de duda a una especie determinada.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Robustocyathus* sp. 2  
Lám. II, fig. 4

Material estudiado: CE - 2300/1.

**Descripción.** Cáliz con dos murallas en posición excéntrica. Muralla externa con poros simples, en algunas zonas está considerablemente engrosada. Muralla interna con grandes poros. Intervalo ocupado por septos muy engrosados en la zona próxima a la muralla externa que se adelgazan gradualmente hacia la muralla interna.

*Dimensiones* (mm.). D 5,2; I 1,8; IK 0,35; RK 3,8. Muralla externa: n 3?; Ø 0,05; i 0,05; e 0,10. Muralla interna: n 1; Ø 0,10; e 0,20. Septos: e 0,10-0,50.

**Discusión.** La existencia de estructuras masivas le aproxima a la especie *R. pedashenkoi* (VOLOGDIN, 1937), en sinonimia con *R. robustus* (VOLOGDIN, 1937), pero a causa del estado de preservación de nuestro ejemplar preferimos no asignarlo a ninguna especie.

**Distribución.** ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Calizas arrecifales.

Género: *Rotundocyathus* VOLOGDIN, 1960.

Especie tipo: *Rotundocyathus rotaceus* VOLOGDIN, 1960.

**Diagnos:** Muralla externa finamente porosa. Muralla interna con un gran poro por intersepto. Septos porosos que se engrosan hacia la muralla interna.

*Rotundocyathus salebrosus* (VOLOGDIN, 1931)  
Lám. II, fig. 5

1931 *Archaeocyathus salebrosus* VOLOGDIN, página 83; lám. 23, fig. 6a; lám. 24, figs. 4a, 11a, y lám. 20, fig. 7b.

1932 *Archaeocyathus salebrosus* VOLOGDIN - Vologdin, p. 44; lám. 7, figs. 1, 5.

1940a *Archaeocyathus* aff. *salebrosus* VOLOGDIN - Vologdin, p. 128; lám. 9, fig. 1c, fig. 51.

1940b *Archaeocyathus salebrosus* VOLOGDIN - Vologdin, p. 5; lám. 8, fig. 18.

1955 *Ajacyathus salebrosus* VOLOGDIN - Krasnopeeva, p. 79; lám. 1, fig. 6.

1960 *Robustocyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Zhuravleva, p. 134.

1962 *Ajacyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Vologdin, p. 85; lám. 15, fig. 1.

1964 *Robustocyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Repina et al., p. 178; lám. 9, fig. 3.

1974 *Rotundocyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Voronin, p. 132.

1978 *Rotundocyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Perejón y Moreno, p. 200; lám. 1, fig. 1.

1979 *Rotundocyathus salebrosus* (VOLOGDIN) - Voronin, p. 88.

Holotipo: Desconocido.

Material estudiado: A<sub>1B</sub> - 316/1. Alconera.

*Diagnosis.* Muralla externa e interna con porosidad simple. Septos rectilíneos regularmente espaciados y con numerosos poros.

*Descripción.* Cáliz rodeado por restos de algas calcáreas en torno a la muralla externa; esta muralla presenta de cuatro a cinco filas de poros por intersepto. Los septos se encuentran repartidos regularmente en el intervalo, son rectilíneos y porosos. La muralla interna tiene un solo poro por intersepto.

*Dimensiones* (mm.). D 5; I 1,7; IK 0,33; RK 6,4; Ic 1:6. Muralla externa: n 4-5; e 0,20. Muralla interna: n 1; Ø 0,10; i 0,05; e 0,07. Septos: n 6-8; Ø 0,10; i 0,15; e 0,07.

*Discusión.* Difiere de *R. anthoideus* VORONIN, 1974, en los coeficientes radial y cámara intervalar. La cavidad central en relación al diámetro en nuestro ejemplar es menor que las descritas en *R. salebrosus*, pero el conjunto de coeficientes y medidas es equivalente.

*Distribución.* UNION SOVIETICA. Kuznetsk Alatau, Montes Shoria, Sayan occidental, Tuva, Mongolia occidental. Cámbrico Inferior. Horizontes Bazaihk - Sanachtykgol.

ESPAÑA. Montes de Toledo. Urda. Los Navalucillos - Peña Hueca. Cámbrico Inferior. Ovetiense

alto. Zonas VI y VII. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Superfamilia: IRINAECYATHACEA ZHURAVLEVA, 1974.

*Diagnosis.* Muralla externa con poros en martillo.

Familia: IRINAECYATHIDAE ZHURAVLEVA, 1974.

*Diagnosis.* Muralla interna con poros canales.

Subfamilia: BAIKALOCYATHINAE ZHURAVLEVA, 1974.

*Diagnosis.* Muralla externa con poros simples o en martillo. Muralla interna con poros canales, horizontales o inclinados. Septos porosos, a veces existen sinaptículos.

Género: *Rasetticyathus* DEBRENNE, 1971.

Especie tipo: *Rasetticyathus iglesiensis* DEBRENNE, 1971.

*Diagnosis.* Cálices solitarios con la muralla externa delgada y perforada con poros simples. Muralla interna con canales en S, un canal por intersepto. Septos radiales poco porosos, a veces existen sinaptículos.

*Rasetticyathusalconeri* PEREJON, 1973

Lám. II, fig. 7

1973 *Rasetticyathusalconeri* PEREJON - Perejón, p. 185; lám. 2, figs. 1-2.

Holotipo: A<sub>1B</sub> - 24. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

## Lámina II

Figura 1.—*Loculicyathus* cf. *zolaensis* (MASLOV, 1957).

Sección transversal. Cáliz rodeado por filamentos de *Girvanella*. CE-2203/1. Las Ermitas. Barra de 2 mm.

Figura 2.—*Robustocyathus castellarensis* PEREJÓN, 1973.

Sección transversal. A<sub>1B</sub> - 317/4T. Alconera. La zona oscura está teñida. Barra de 3 mm.

Figura 3.—*Robustocyathus* sp. 1.

Sección transversal. A<sub>1A</sub> - 601/3. Alconera. Barra de 2 mm.

Figura 4.—*Robustocyathus* sp. 2.

Sección transversal. CE-2300/1. Las Ermitas. Barra de 2 mm.

Figura 5.—*Rotundocyathus salebrosus* (VOLOGDIN, 1931).

Sección transversal. A<sub>1B</sub> - 316/2b. Alconera. Barra de 1 mm.

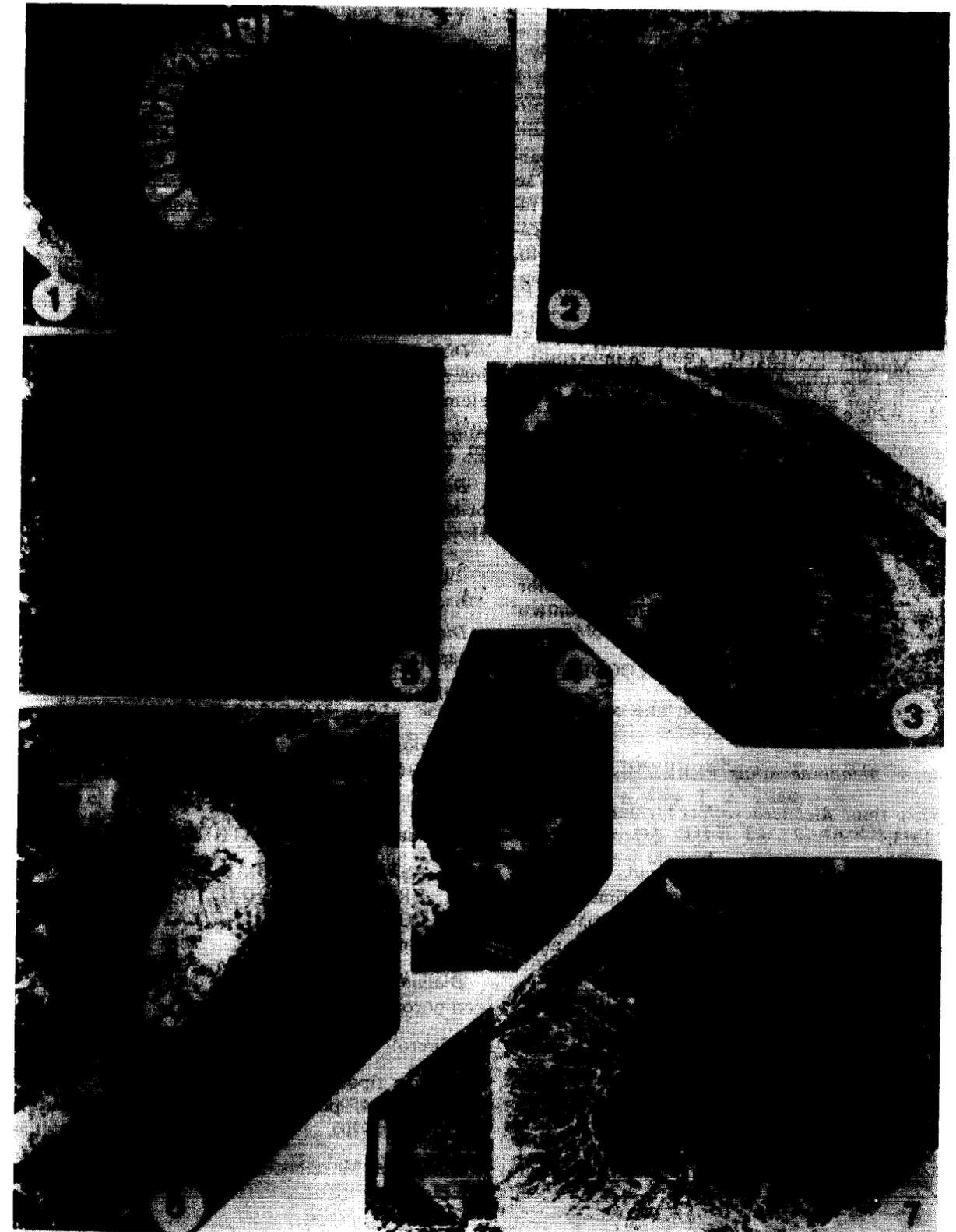
Figura 6.—*Alconeracyathus melendezi* PEREJÓN, 1973.

Sección transversal. A<sub>1A</sub> - 402/1. Alconera. Barra de 3 mm.

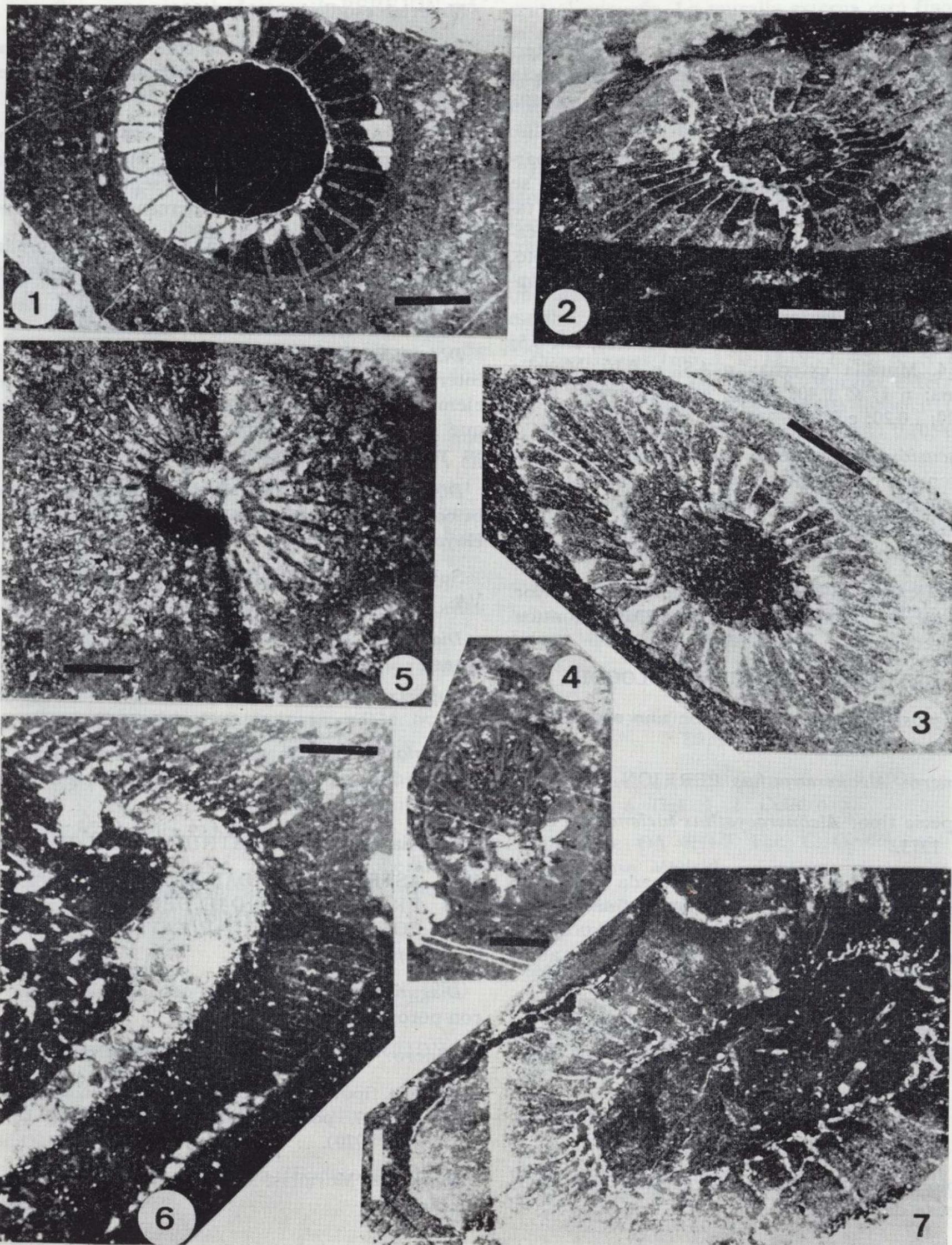
Figura 7.—*Rasetticyathusalconeri* PEREJÓN, 1973.

Sección transversal. A<sub>1A</sub> - 402/3. Alconera. Barra de 3 mm.

## LAMINA II



LAMINA II



Localidad tipo: Alconera (Badajoz).

Material estudiado: A<sub>1A</sub> - 402/3. Alconera. Cámbrico Inferior bajo.

**Diagnosis.** Muralla externa simple. Muralla interna con un canal en S por intersepto abierto hacia la parte superior de la cavidad central. Septos radiales delgados y porosos.

**Descripción.** Cáliz con la muralla externa parcialmente erosionada, en aquellas zonas donde se ha preservado se observan poros simples de tamaño reducido. La muralla interna tiene poros canales, con un solo canal en S por intersepto. Septos muy finos y porosos; no se observan sinaptículos.

**Dimensiones** (mm.). D 14; I 3,6; IK 0,26; RK 3,5; Ic 1:4. Muralla externa: n 4-5; e 0,10. Muralla interna: n 1; Ø 0,40; i 0,10; e 0,20. Septos: n 10; Ø 0,20; i 0,20; e 0,10.

**Discusión.** Difiere de *R. iglesiensis* DEBRENNE, 1971 en los coeficientes radial y cámara interseptal, mientras que el conjunto de medidas y coeficientes son similares a los ejemplares asignados a *R.alconeri* de esta misma localidad.

ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Familia: SAJANOCYATHIDAE VOLOGDIN, 1940.

**Diagnosis.** Muralla interna con uno o dos poros canales.

Género: *Alconeracyathus* PEREJON, 1973.

Especie tipo: *Alconeracyathus melendezi* PEREJON, 1973.

**Diagnosis.** Muralla externa formada por poros alveolares regulares. Muralla interna fina con dos filas verticales de canales por intersepto. Septos radiales porosos y relacionados entre sí por abundante sinaptículos.

*Alconeracyathus melendezi* PEREJON, 1973  
Lám. II, fig. 6

1973 *Alconeracyathus melendezi* PEREJON, página 186; lám. 2, figs. 3-6.

Holotipo: A<sub>4II</sub> - 1. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense de Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz). Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: A<sub>1A</sub> - 402/1. Alconera.

**Diagnosis.** Muralla interna con dos poros canales rectos. Septos radiales y porosos, con numerosos sinaptículos.

**Descripción.** Fragmento de un cáliz con la muralla externa con poros simples. Muralla interna con dos canales rectos por intersepto. Septos porosos, relacionados por numerosos sinaptículos.

**Dimensiones** (mm.). D > 15; I 4; Ic 1:16. Muralla externa: n 6-8; Ø 0,03; i 0,03; e 0,15. Muralla interna: n 2; Ø 0,10; i 0,05; e 0,06. Septos: n 5; Ø 0,20; i 0,25; e 0,06. Sinaptículos: e 0,05.

**Discusión.** Difiere de *A. pradoanus* en la cámara intervalar, por tanto hemos asignado nuestro ejemplar a esta especie de la misma localidad, ya que los coeficientes y medidas entran dentro de su variabilidad específica.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Suborden: COSCINOCYATHINA ZHURAVLEVA, 1955.

**Diagnosis.** Intervalo con septos y tábulas porosas.

Superfamilia: COSCINOCYATHACEA TAYLOR, 1910.

**Diagnosis.** Muralla externa con poros simples. Muralla interna con poros simples, poros tubo o anillos.

Familia: COSCINOCYATHIDAE TAYLOR, 1910.

1956 ASTEROCYATHIDAE VOLOGDIN, p. 879.

1964 ERISMACOSCINIDAE DEBRENNE, p. 166.

1972 COSCINOCYATHIDAE TAYLOR; HILL, página E92.

**Diagnosis.** Muralla interna con poros simples o con poros tubo.

Género: *Coscinocyathus* BORNEMANN, 1884.

Especie tipo: *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN, 1884, por decisión de ICZN, 1974 (ver Debrenne, 1970).

**Diagnosis.** Murallas, septos y tábulas con poros simples.

*Coscinocyathus badajocensis* (PEREJON, 1973)  
Lám. III, fig. 1

1973 *Erismacoscinus badajocensis* PEREJON, página 192; lám. 7, figs. 1-7. Cuadro 7.

Holotipo: A<sub>1B</sub> - 16. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz).

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 117/2. Alconera. Cámbrico Inferior bajo.

**Diagnosis.** Cálices de hasta 120 mm. de altura y diámetros de 27 a 10 mm. Muralla interna con más de tres poros por intersepto, a veces protegidos por espinas dirigidas hacia la parte superior de la cavidad central. Los septos y tábulas presentan un grado de porosidad alto, con poros de igual diámetro. Las celdillas son subcuadráticas.

**Descripción.** Fragmento de un cáliz en el que se puede observar la muralla externa porosa y en algunas zonas engrosada por procesos neomórficos. La muralla interna tiene tres poros por intersepto, las pequeñas espinas no se observan bien ya que el tipo de sección no es la idónea. Los septos son porosos y se engrosan hacia la muralla externa. Las tábulas presentan un grado de porosidad alto.

**Dimensiones** (mm.). D 14; I 3,6; N 50; IK 0,26; RK 3,6; Ic 1:5. Muralla externa: n 3-4; e 0,17. Muralla interna: n 2-3; Ø 0,15; i 0,15; e 0,16. Septos: n?; e 0,06. Tábulas: n 3; Ø 0,15; i 0,10; e 0,07.

**Discusión.** Difiere de *C. marocanus* (DEBRENNE) en el coeficiente radial y en la menor porosidad de la muralla externa.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Coscinocyathus segedanensis* (PEREJON, 1973)  
Lám. III, fig. 6

1973 *Erismacoscinus segedanensis* PEREJON, página 190; lám. 5, fig. 5.

Holotipo: A<sub>1</sub> - 9. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz). Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 116/1-2-4. Alconera.

**Diagnosis.** Cáliz con intervalo ancho y cavidad central pequeña. La muralla externa está finamente perforada, y la muralla interna tiene uno o dos poros por intersepto y otro en estribo, situado en la línea de inserción de los septos con la muralla interna. Las tábulas y los septos constituyen celdillas rectangulares.

**Descripción.** Los ejemplares estudiados presentan un intervalo relativamente ancho para el diámetro del cáliz, y por consiguiente la cavidad central es reducida. La muralla externa es porosa, y en la muralla interna se puede observar cómo uno de los tres poros constituye un poro en estribo. Septos y tábulas finamente porosas.

**Dimensiones** (mm.). D 12-19; I 4-5, 6; N 26-46; IK 0,25-0,30; RK 2,4; Ic 1:8. Muralla externa: n 3-4; Ø 0,10; i 0,20; e 0,15. Muralla interna: n 2-3; Ø 0,15; i 0,10; e 0,12. Septos: n 8-12; Ø 0,10; i 0,15; e 0,07. Tábulas: e 0,15.

**Discusión.** La estructura de la muralla interna y la relación de medidas y coeficientes son características de la especie asignada.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Coscinocyathus zafrensis* (PEREJON, 1973)  
Lám. III, fig. 2

1973 *Erismacoscinus zafrensis* PEREJON, p. 191; lám. 6, figs. 1, 2. Cuadro 5.

Holotipo: OA 4III-7. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz). Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 117/1. Alconera.

**Diagnosis.** Cáliz con las murallas externa e interna porosas. Los septos radiales son rectos y forman con las tábulas una estructura con idéntica porosidad.

**Descripción.** Cáliz ligeramente ovalado y rodeado de algas calcáreas. La muralla externa y la interna presentan poros simples de diámetro muy similar. Los septos rectilíneos están finamente per-

forados, y junto con las tábulas, también porosas, constituyen celdillas rectangulares.

*Dimensiones* (mm.). D 17; I 4; N 70; IK 0,24; RK 4,2; Ic 1:8. Muralla externa: n 3-4; Ø 0,15; i 0,15; e 0,10. Muralla interna: n 2; Ø 0,12; i 0,12; e 0,25. Septos: n?; e 0,05-0,10. Tábulas: n?; e 0,08-0,13.

*Discusión.* Se diferencia de *C. segedanensis* en el coeficiente radial y en el tipo de porosidad de las murallas.

*Distribución.* ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Coscinocyathus* cf. *dianthus* BORNEMANN, 1887  
Lám. III, fig. 3

1887 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN, página 64; lám. 17, figs. 1-7; lám. 31, fig. 5.

1899 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Toll, p. 42; lám. 3, figs. 3-4; lám. 7, fig. 4; text. figs. 2, 3.

1931 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Vologdin, p. 58; lám. 5, fig. 9; lám. 6, fig. 10; lám. 18, figs. 1, 2; lám. 19, fig. 3; lám. 17, fig. 6.

1932 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Vologdin, p. 35; lám. 9, figs. 1-3; text. fig. 26.

1940a *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Vologdin, p. 98; lám. 21, fig. 1; lám. 22, fig. 2; figs. 37 a, f.

1940b *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Vologdin, p. ; lám. 24, figs. 7-9; text. fig. 71.

1955 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Krasnopeevea, p. 83; lám. 2, fig. 2; text. figura 128.

1960 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Zhuravleva, p. 258; lám. 23, figs. 1-3.

1960 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Zhuravleva et al., p. 124; lám. Cm-VII, figuras 7-8.

1962 *Coscinocyathus* aff. *dianthus* BORNEMANN Vologdin, p. ; lám. 16, fig. 1.

1964 *Erismacoscinus dianthus* (BORNEMANN) - Debrenne, p. 169; lám. 21, figs. 1, 2.

1964 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Repina et al., p. 220; lám. 24, fig. 5.

1967 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Zhuravleva et al., p. 79; lám. 31, figs. 6, 7.

1968 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Datzenko, Zhuravleva et al., p. 160; lám. 7, figs. 10-12; text. fig. 61.

1970 *Coscinocyathus dianthus* BORNEMANN - Zhuravleva, Repina et al., p. 43; lám. 12, figura 1.

1973 *Erismacoscinus* aff. *dianthus* (BORNEMANN) - Perejón, p. 189; lám. 5, figs. 1, 2.

1973 *Coscinocyathus dianthus* (BORNEMANN) - Okuneva & Repina, p. 141; lám. 21, figs. 3, 4; fig. 71.

1975 *Coscinocyathus* ex. gr. *dianthus* BORNEMANN - Beljaeva et al., p. 84; lám. 18, figuras 1, 2.

Holotipo: Col. Bornemann, An. 579. Museo de Halle.

Figura 1.—*Coscinocyathus badajocensis* (PEREJÓN, 1973).

Sección transversal. A<sub>2</sub>-117/2. Alconera. Barra de 3 mm.

Figura 2.—*Coscinocyathus zafrensis* (PEREJÓN, 1973).

Sección transversal. A<sub>2</sub>-117/1. Alconera. Barra de 4 mm.

Figura 3.—*Coscinocyathus* cf. *dianthus* BORNEMANN, 1887.

Sección transversal oblicua. A<sub>2</sub>-118-3/1. Alconera. Barra de 2 mm.

Figura 4.—*Coscinocyathus* cf. *hispanicus* (PEREJÓN, 1973).

Sección transversal oblicua. A<sub>1B</sub>-317/1. Alconera. Barra de 3 mm.

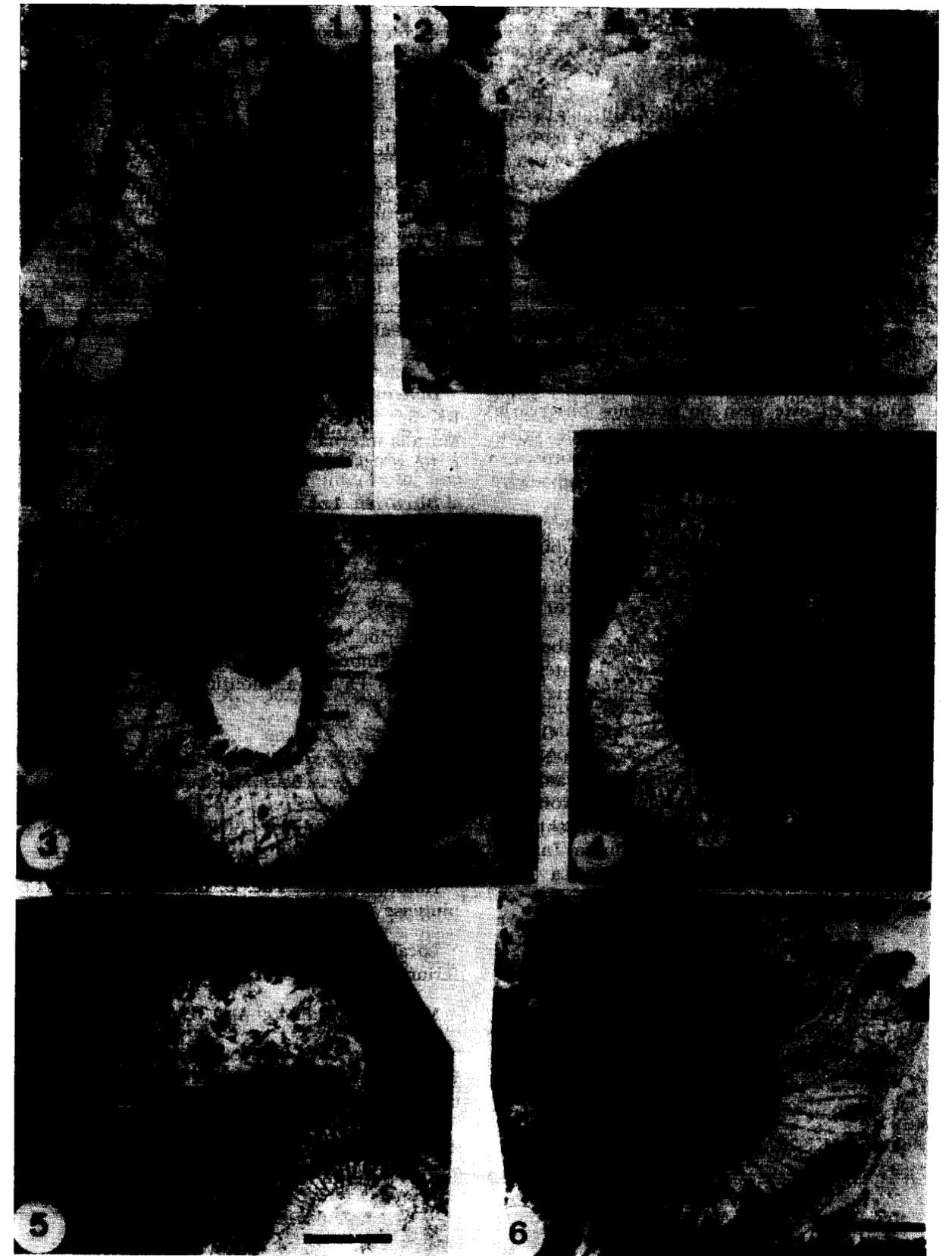
Figura 5.—*Coscinocyathus* cf. *diourii* (DEBRENNE, 1964).

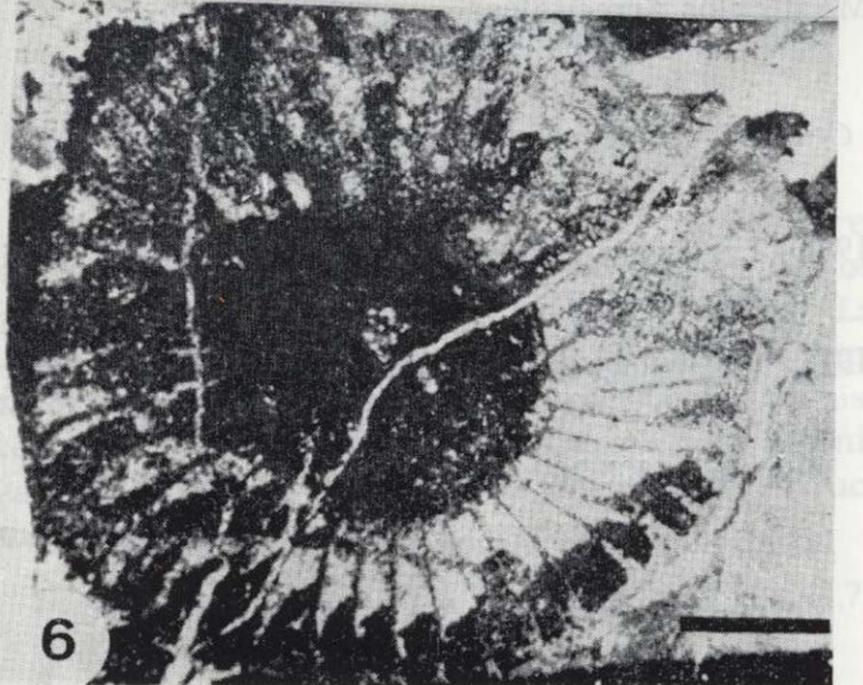
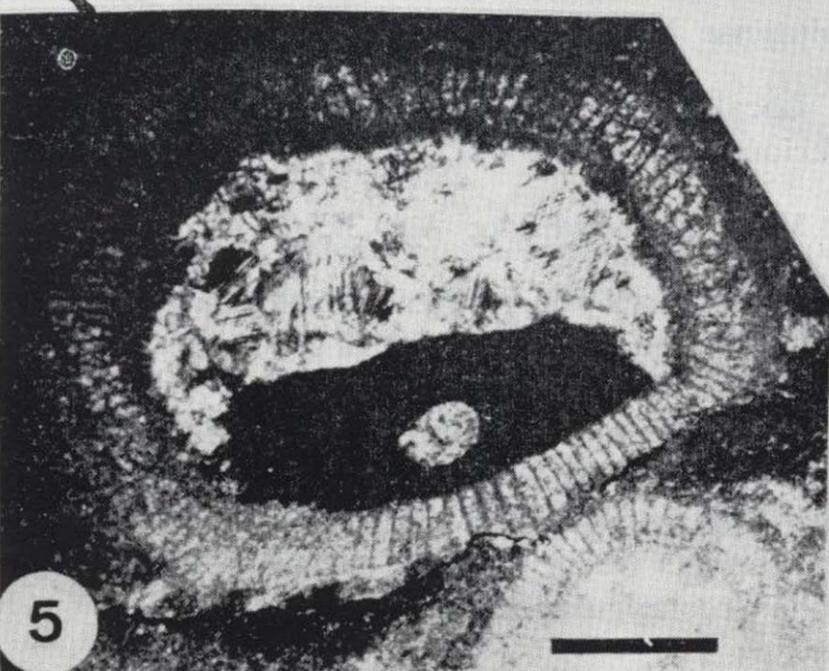
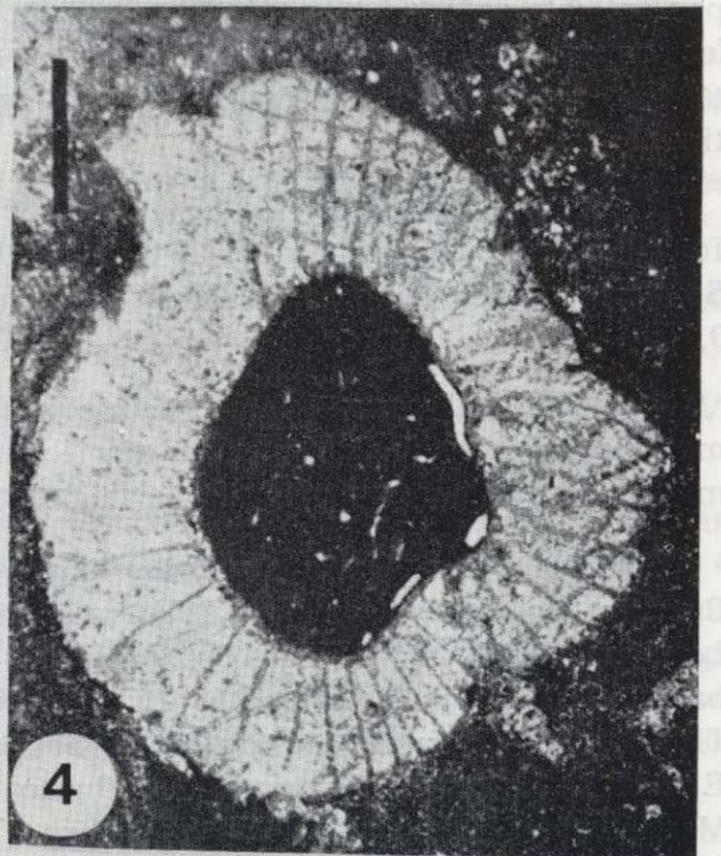
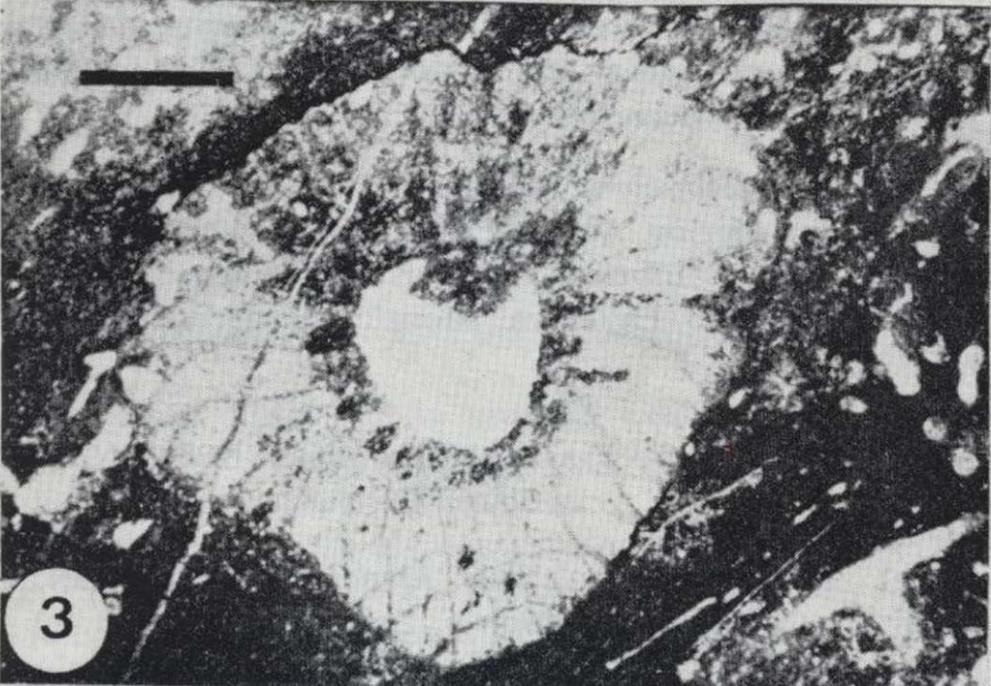
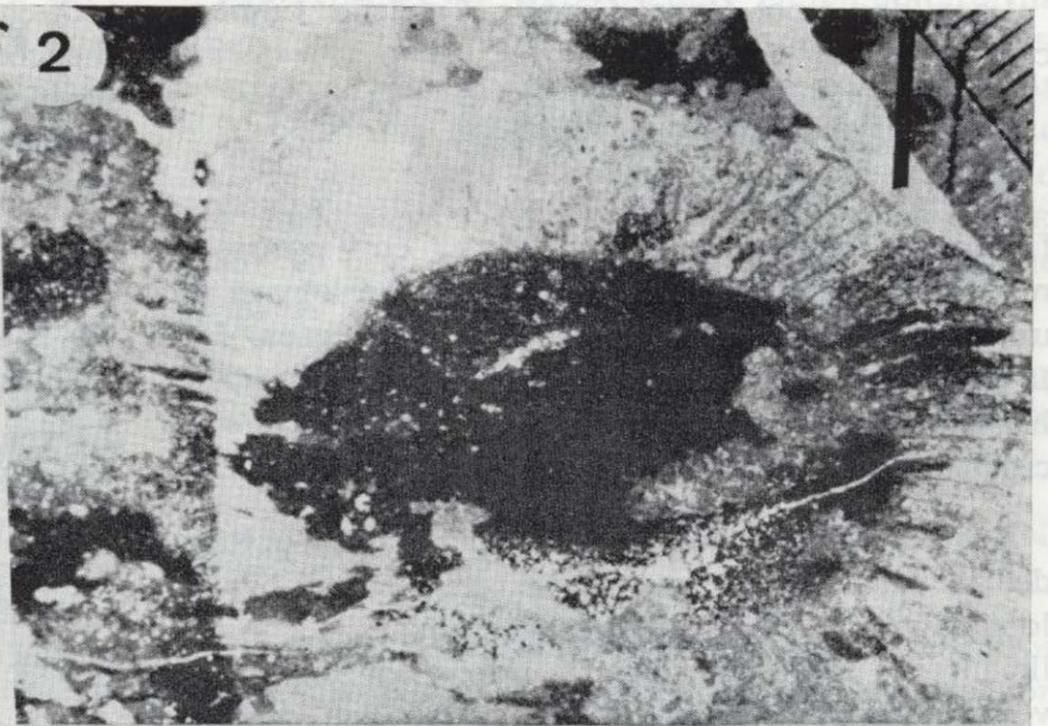
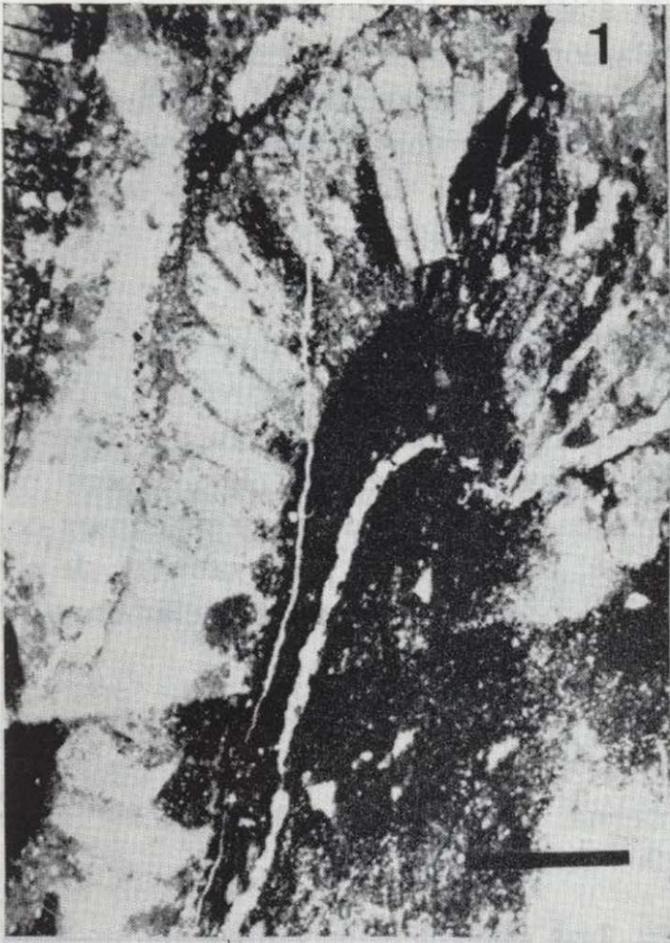
Sección transversal. A<sub>1B</sub>-317/3. Alconera. Barra de 3 mm.

Figura 6.—*Coscinocyathus segedanensis* (PEREJÓN, 1973).

Sección transversal. A<sub>2</sub>-116/1. Alconera. Barra de 3 mm.

### Lámina III





Localidad tipo: Canal Grande, Cerdeña. Cámbrico Inferior.

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 118-3/1.

**Diagnosis.** Cáliz cilindro-cónico. Muralla externa finamente porosa, muralla interna con poros de mayor diámetro. Los interporos se prolongan en una espina. Los septos radiales son rectos. Las tábulas algo curvadas, con el eje de curvatura hacia la mitad del intervalo. Las celdillas son subcuadráticas.

**Descripción.** Fragmento de una sección oblicua de un cáliz con la muralla externa estilolitizada, lo que impide ver su estructura porosa. La muralla interna tiene dos grandes poros por intersepto y las pequeñas espinas hacia la cavidad central, de existir, en este caso no podemos observarlas por estar la cavidad cementada con grandes cristales esparíticos. Septos radiales muy porosos, y tábulas frecuentes; las celdillas son subcuadráticas.

**Dimensiones** (mm.). D 10; I 3,6; IK 0,36; RK 2,3; Ic 1:8. Muralla interna: n 2; Ø 0,12; i 0,07; e 0,06. Septos: e 0,05. Tábulas: n 20; Ø 0,15; i 0,08; e 0,08.

**Discusión.** La estructura de septos y tábulas, la morfología de la celdilla y los coeficientes, permiten asignar nuestro ejemplar a la especie sarda.

**Distribución.** ITALIA. Cerdeña. Canal Grande. Cucurru Contu. Calizas I y II. Formación Nebida. Leniense. UNION SOVIETICA. Altai Sayan, Trambaikalia, Yakutia y Mongolia, Igarski Norilsk y Tian-Sham. Horizontes Bazaihk y Sanachtykgol. ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zonas VIII-IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Coscinocyathus* cf. *diourii* (DEBRENNE, 1964)  
Lám. III, fig. 5

1964 *Erismacoscinus diourii* DEBRENNE, página 175; lám. 29, figs. 1, 2.

1973 *Coscinocyathus diourii* DEBRENNE - Perejón, p. 190; lám. 5, figs. 3, 4.

Holotipo: Ki 209, Serv. Géol. de Marruecos.

Localidad tipo: Amouslek. Amouslekien.

Material estudiado: A<sub>1B</sub> - 317/3. Alconera.

**Diagnosis.** Cáliz cilíndrico con el intervalo estrecho con relación al diámetro. La muralla externa simplemente porosa. La muralla interna con poros más gruesos, con espinas alargadas inclinadas hacia la cavidad central. Los septos y las tábulas tienen una porosidad del mismo orden que la muralla externa.

**Descripción.** Cálices con el intervalo estrecho. La muralla externa finamente porosa. La muralla interna con dos poros por intersepto y largas espinas hacia la cavidad central. Los septos rectilíneos y porosos se presentan muy próximos entre sí, ocupando el intervalo un gran número de ellos. Las tábulas porosas están más espaciadas que los septos.

**Dimensiones** (mm.). D 14; I 2,4; N 124; IK 0,17; RK 8,9; Ic 1:5. Muralla externa: n 2-3; e 0,12. Muralla interna: n 2; Ø 0,12; i 0,09; e 0,10. Septos: n 10; e 0,06. Tábulas: e 0,10.

**Discusión.** Los coeficientes y medidas coinciden con los de la especie marroquí, exceptuando el coeficiente radial, que en nuestro caso es mayor que en la especie original.

**Distribución.** MARRUECOS. Amouslek. Cámbrico Inferior. Amouslekien. ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Coscinocyathus* cf. *hispanicus* (PEREJON, 1973)  
Lám. III, fig. 4

1973 *Erismacoscinus hispanicus* PEREJON, página 192; lám. 6, figs. 3-6.

Holotipo: A<sub>1</sub>-5. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense Madrid.

Localidad tipo: Alconera (Badajoz). Cámbrico Inferior bajo.

Material estudiado: A<sub>1B</sub> - 317/1. Alconera.

**Diagnosis.** Cáliz cónico. Muralla externa con poros de pequeño diámetro. El intervalo es ancho y está ocupado por septos radiales y tábulas casi planas y con un sistema de poros igual a los septos. Muralla interna con poros redondeados protegidos por los interporos que se prolongan en espinas hacia la parte superior del cáliz. Celdillas rectangulares.

**Dimensiones** (mm.). D 11; I 2,8; N 36; IK 0,25; RK 3,5; Ic 1:8. Muralla externa: n 4-6; Ø 0,05; i 0,07; e 0,08. Muralla interna: n 2-3; Ø 0,10; i 0,10; e 0,12. Septos: n 15; e 0,07. Tábulas: n 15; e 0,08.

**Discusión.** Las tábulas son más planas que en *C. dianthus* BORNEMANN, 1887, y la estructura de los elementos esqueléticos, así como sus relaciones son comparables a la especie asignada.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Género: *Retecoscinus* ZHULAVLEVA, 1960.

Especie tipo: *Coscinocyathus retetabulae* VOLOGDIN, 1931.

**Diagnosis.** Cálices con septos, muralla externa e interna con poros simples redondeados. Tábulas con dos poros alargados por intersepto, uno a cada lado de la línea media. Los poros de la muralla interna están provistos de pequeñas vesículas abiertas hacia arriba.

?*Retecoscinus* sp.  
Lám. IV, fig. 1

Material estudiado: A<sub>1C</sub>-302/1. Alconera.

**Descripción.** Cáliz con la muralla externa finamente porosa. Muralla interna con poros simples. En la sección transversal se observa entre algunos septos residuos de elementos esqueléticos que parecen corresponder a los restos de posibles tábulas con dos grandes poros ovalados entre cada dos septos.

**Dimensiones** (mm.). D 5,6; I 1,5; N 29; IK 0,27; RK 5,2; Ic 1:4. Muralla externa: n 4-5; Ø 0,05; i 0,10; e 0,06. Muralla interna: n 2-3; e 0,08. Septos: n 5; Ø 0,15; i 0,20; e 0,05.

**Discusión.** De acuerdo con nuestra interpretación podrían existir tábulas con dos poros entre cada dos septos, lo que nos permitiría incluir nuestro ejemplar en el género *Retecoscinus* pero los cristales neomórficos que ocupan las cámaras interseptales dificultan y enmascaran la estructura de las tábulas típicas de este género, por lo que nuestro ejemplar lo asignamos con duda a dicho género.

Las especies de *Retecoscinus* en la plataforma siberiana están limitadas al Tommotiense y desaparecen al inicio del Atdabaniense, pero en áreas más próximas (Marruecos y Montaña Negra) se distribuyen desde Atdabaniense hasta la mitad del Botomiense (DEBRENNE & COURJAULT-RADE, 1986), lo que estaría más acorde con la edad de nuestros materiales.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona VIII. Miembro Sierra Gorda. Calizas cryptalgales.

Superfamilia MRASSUCYATHACEA VOLOGDIN, 1960.

**Diagnosis.** Muralla externa con grandes poros y una envuelta microporosa. Muralla interna con poros simples, poros canales, túmulos multiperforados o grandes poros cubiertos por una envuelta microporosa. Septos y tábulas porosos.

Familia POLYCOSCINIDAE DEBRENNE, 1964.

**Diagnosis.** Muralla interna con poros simples longitudinalmente ondulada o con espinas.

Género *Mennericyathus* DEBRENNE & ROZANOV, 1974.

Especie tipo: *Tomocyathus kundatus* ROZANOV, 1966.

**Diagnosis.** Muralla externa con doble estructura, la muralla principal (carcasa) presenta de 2 a 4 poros por intersepto y está cubierta en el exterior por una envuelta microporosa independiente. Septos porosos; tábulas ligeramente alabeadas con poros simples. Muralla interna simplemente porosa.

*Mennericyathus* sp.  
Lám. IV, fig. 2

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 122/3. Alconera.

**Descripción.** Cáliz cuya muralla externa presenta de 2 a 3 grandes poros simples cubiertos por una envuelta microporosa independiente. La muralla interna tiene de 1 a 2 poros simples. Septos y tábulas presentan numerosos poros. La existencia de abundantes algas calcáreas que colonizan el cáliz dificulta ver con claridad la estructura doble de la muralla externa.

**Dimensiones** (mm.). D 8; I 2,4; IK 0,29; RK 4,7;

Ic 1:6. Muralla externa n 2-3;  $\varnothing$  0,20; i 0,10; e 0,14. Muralla interna: n 1-2  $\varnothing$  0,10 i 0,06; e 0,05. Sep- tos: n 15;  $\varnothing$  0,06; i 0,06; e 0,04.

**Discusión.** Los caracteres estructurales de nuestro ejemplar nos permiten asignarle al género *Mennericyathus*, pero difiere de la especie *M. hoyensis* PEREJÓN, 1976a, descrita en esta misma localidad, por presentar más poros en la muralla externa y por la cámara intervalar. Está próximo a *M. compositus* (ZHURAVLEVA, 1955) pero al no disponer de mejor material, hemos preferido dejar la determinación específica abierta.

**Distribución.** ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianense. Zona IX, Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Clase: IRREGULARES VOLOGDIN, 1937.

Orden: ARCHAEOCYATHIDA OKULITCH, 1935.

Suborden: ARCHAEOCYATHINA OKULITCH, 1935.

**Diagnosis.** Cálices con dos murallas, varillas y sin tábulas.

Familia: ARCHAOPHARETRIDAE DEBRENNE, 1970.

**Diagnosis.** Muralla interna definida en cálices de dos milímetros de diámetro, pero pueden encontrarse en la cavidad central elementos esqueléticos y tejido vesicular.

Género: *Archaeopharetra* BEDFORD & BEDFORD, 1936.

Especie tipo: *Archaeopharetra typica* BEDFORD & BEDFORD, 1936.

**Diagnosis.** Cálices pequeños con la muralla externa aporosa. Intervalo con elementos esquelé-

ticos irregulares, barras o plaquitas, principalmente en disposición longitudinal u oblicua, y tejido vesicular. Muralla interna definida en cálices con dos milímetros de diámetro. La parte apical está formada por una única muralla y tejido vesicular.

*Archaeopharetra* sp.  
Lám. IV, fig. 3

Material estudiado: CP<sub>1</sub>-1506/1.

**Descripción.** Cáliz de 2,2 mm. de diámetro con la muralla externa compacta y bien definida, espacio intervalar ocupado por elementos esqueléticos irregulares, y abundante tejido vesicular. Muralla interna definida. El tejido vesicular se dispone en láminas subhorizontales y atraviesa la cavidad central.

**Discusión.** Son frecuentes las secciones de *Archaeopharetra* en las calizas algales y montículos arrecifales junto a secciones de *Agastrocyathus* DEBRENNE, 1964, y *Protopharetra* BORNEMANN, 1884, pero las características de las secciones no nos permiten asignarlo a una especie determinada.

**Distribución.** ESPAÑA. Córdoba. Canteras del Arroyo Pedroche. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Calizas algales y montículos arrecifales.

Familia: BICYATHIDAE VOLOGDIN, 1937.

**Diagnosis.** Muralla interna con poros simples.

Género: *Bicyathus* VOLOGDIN, 1939.

Especie tipo: *Bicyathus angustus*, VOLOGDIN, 1939.

**Diagnosis.** Cálices solitarios o coloniales de for-

#### Lámina IV

Figura 1.—*Retecoscinus* sp.

Sección transversal. A<sub>1C</sub>-302/1. Alconera. Barra de 2 mm.

Figura 2.—*Mennericyathus* sp.

Sección transversal. A<sub>2</sub>-122/3. Alconera. Barra de 2 mm.

Figura 3.—*Archaeopharetra* sp.

CP<sub>1</sub>-1506/1b. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 1 mm.

Figura 4.—*Bicyathus aviculoides* PEREJÓN, 1975a.

Sección longitudinal. CE-2210/2b. Las Ermitas. Barra de 3 mm.

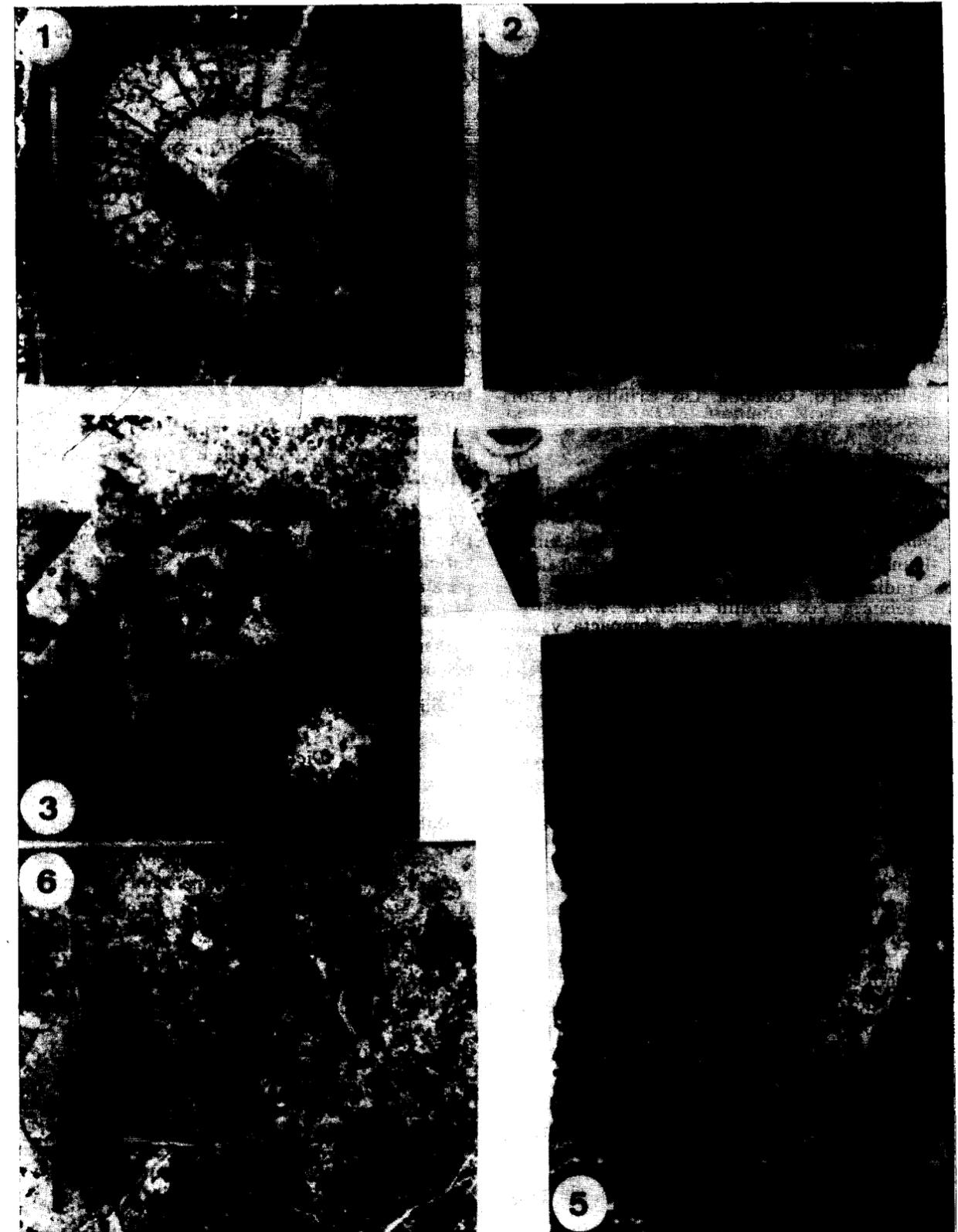
Figura 5.—*Dictyocyathus* sp. 1.

Sección transversal. A<sub>1B</sub>-320/1. Alconera. Barra de 2 mm.

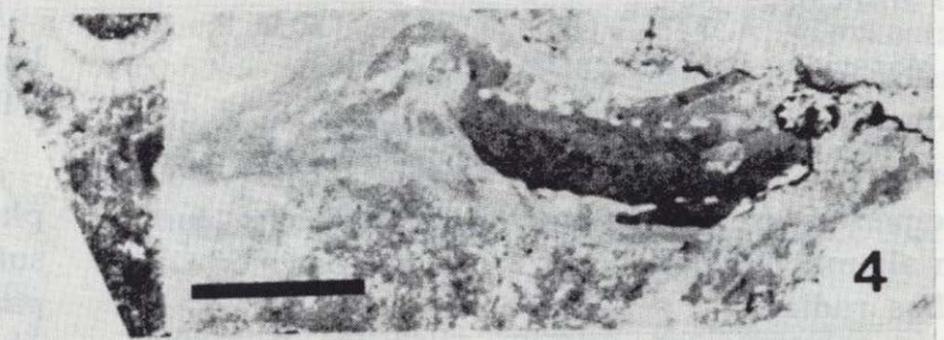
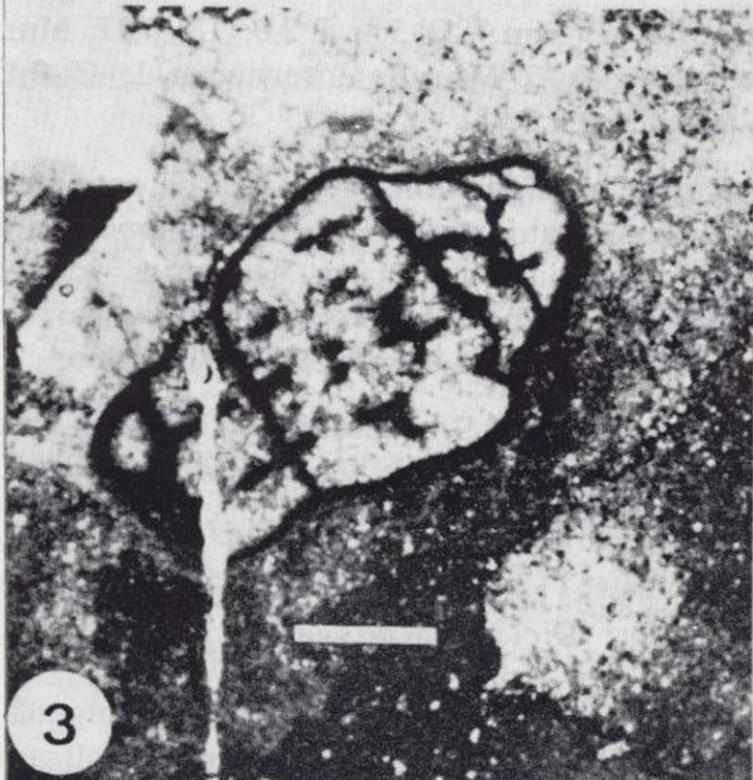
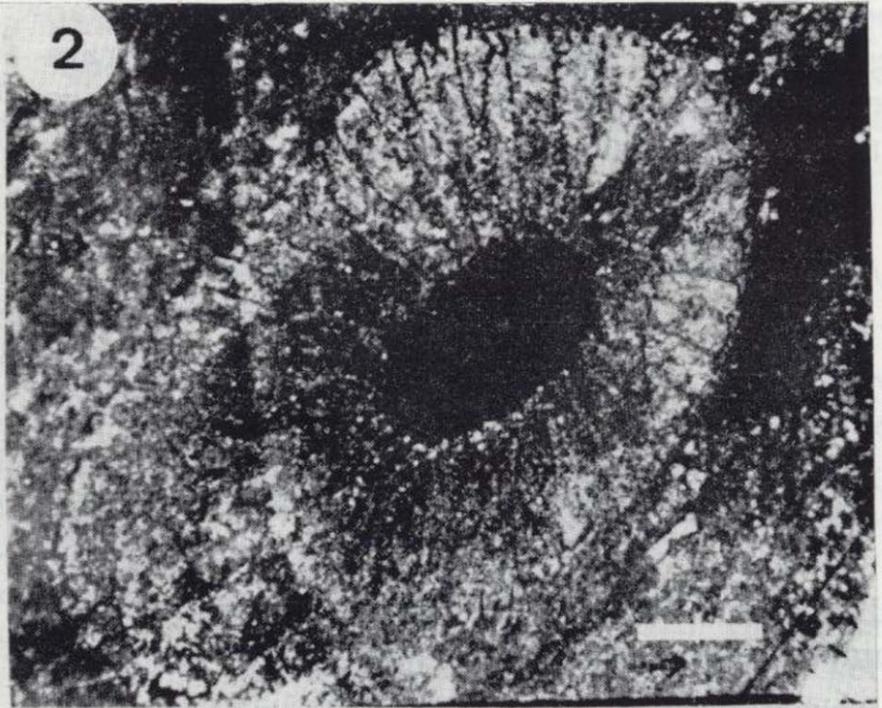
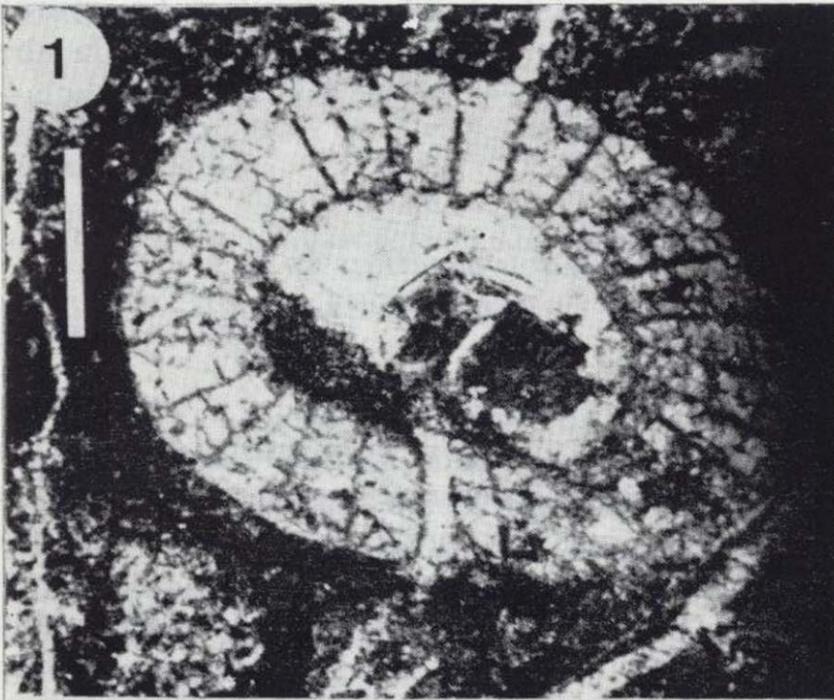
Figura 6.—*Dictyocyathus* sp. 2.

Sección transversal. CE-2306. Las Ermitas. Barra de 2 mm.

#### LAMINA IV



LAMINA IV



ma cilíndrica con marcados abultamientos y constricciones. Muralla externa con poros simples o aporosa. Muralla interna con poros simples grandes. En el intervalo existe tejido vesicular y raramente tienen varillas cortas, longitudinales o ligeramente inclinadas, pero sin septos ni tábulas.

?*Bicyathus avesciculoides* PEREJON, 1975a  
Lám. IV, fig. 4

1975a ?*Bicyathus avesciculoides* PEREJON, p. 16; lám. 7, figs. 6-9.

1976a ?*Bicyathus avesciculoides* PEREJON - Perejón, p. 10; lám. 1, figs. 6-9.

Holotipo: CE 105 2-23. Fac. C. Geológicas. Univ. Complutense. Madrid.

Localidad tipo: Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior.

Material estudiado: CE - 2210/2b.

*Diagnosis.* Muralla externa compacta. Muralla interna con grandes poros simples. Intervalo sin elementos esqueléticos ni tejido vesicular, aunque en algunas secciones se insinúa la aparición de varillas radiales.

*Descripción.* Muralla externa compacta y muy espesa, con capas sucesivas de recrecimiento. Muralla interna más fina, con grandes poros simples. En el intervalo se observan escasos elementos esqueléticos. Tejido vesicular ausente.

*Dimensiones* (mm.). D 3,1; I 1,0. Muralla externa: e 0,35. Muralla interna: Ø 0,20; i 0,20; e 0,10.

*Discusión.* Difiere de las demás especies del género por la ausencia de tejido vesicular.

*Distribución.* ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Calizas arrecifales.

Familia: DICTYOCYATHIDAE TAYLOR, 1910.

Cálices de dos murallas con porosidad simple. Intervalo ocupado por varillas cilíndricas transversales o longitudinales.

Género: *Dictyocyathus* BORNEMANN, 1891.

Especie tipo: *Dictyocyathus tenerrimus* BORNEMANN, 1891.

*Diagnosis.* Muralla externa compacta, sin poro-

sidad visible en los cálices jóvenes. Intervalo ocupado por una estructura de varillas cilíndricas. A veces existe tejido vesicular. La muralla interna está constituida simplemente por la abertura de los espacios entre las varillas hacia la cavidad central.

*Dictyocyathus* sp. 1  
Lám. IV, fig. 5

Material estudiado: A<sub>1</sub>B - 320/1.

*Descripción.* Cáliz con la muralla externa aporosa, y el intervalo ocupado por varillas radiales y verticales, que en algunos casos tienen la apariencia de «pseudoseptos». La muralla interna presenta un solo poro por «intersepto». Existe abundante tejido vesicular ocupando zonas intervalares.

*Dimensiones* (mm.). D 5,4; I 2,0; IK 0,37. Muralla externa: e 0,06. Muralla interna: n 1; Ø 0,15; e 0,10. Varillas: e 0,05.

*Discusión.* La asignación específica de este ejemplar la dejamos abierta ya que no disponemos de suficiente material, y de las secciones idóneas para conocer la disposición espacial de las varillas, ni los caracteres de su desarrollo ontogénico.

*Distribución.* ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

*Dictyocyathus* sp. 2  
Lám. IV, fig. 6

Material estudiado: CE - 2306.

*Descripción.* Cáliz solitario con formación de estolones en su entorno, y una neta invaginación en «dedo de guante». Muralla externa compacta. Intervalo ocupado por escasos elementos esqueléticos, algo engrosados, que se disponen radialmente. Muralla interna posiblemente porosa, pero el proceso de recristalización parcial que ha afectado al cáliz no nos permite observar su estructura.

*Dimensiones* (mm.). D 6,4; I 2,0; IK 0,31. Muralla externa: e 0,10. Muralla interna: e 0,10. Elementos esqueléticos: e 0,15-0,20.

*Discusión.* La escasa calidad de preservación del material no nos permite asignarlo a una especie

determinada, aunque por la disposición de los escasos elementos esqueléticos del intervalo, estaría próximo a *D. tuvaensis* VOLOGDIN, 1940.

*Distribución.* ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Calizas algales.

Género: *Chouberticyathus* DEBRENNE, 1964.

Especie tipo: *Chouberticyathus clatratus* DEBRENNE, 1964.

*Diagnosis.* Cálices solitarios con la muralla externa aporosa. Muralla interna porosa. Intervalo con una estructura formada por barras cilíndricas radiales, transversales y longitudinales. Tiene tejido vesicular. Los elementos esqueléticos están constituidos frecuentemente por varias capas sucesivas.

*Chouberticyathus clatratus* DEBRENNE, 1964  
Lám. V, fig. 1

1964 *Chouberticyathus clatratus* DEBRENNE, pp. 208, 209; lám. 32, figs. 1-7.

1970 *Chouberticyathus clatratus* DEBRENNE - Zhuravleva, Repina et al., p. 45; lám. 18, figs. 2-6.

Holotipo: Ki 140, coll. Neltner, Serv. géol. Maroc.

Localidad tipo: Tizi, Oumeslema. Marruecos. Cámbrico Inferior. Timghitien.

Material estudiado: A<sub>2</sub> - 117/2.

*Diagnosis.* Muralla externa espesa y compacta. Muralla interna regularmente porosa, cuyas aberturas corresponden a los espacios entre los elementos esqueléticos contiguos del intervalo. Las barras cilíndricas son radiales, y a veces se bifurcan. El tejido vesicular no es muy abundante, se presenta en láminas delgadas transversales.

*Descripción.* Cáliz solitario con la muralla externa compacta, el intervalo está ocupado por barras cilíndricas radiales, y en algunos casos bifurcadas. La muralla interna es espesa y presenta aberturas relacionadas con los elementos intervalares. El tejido vesicular se encuentra en el intervalo como láminas de espesor reducido y relacionan transversalmente las barras esqueléticas. La cavidad central está atravesada por una estructura que podría tratarse de una lámina de te-

jido vesicular excepcionalmente engrosada por los procesos de recristalización, o quizá tratarse de una barra cilíndrica con un espesor similar a las que existen en el intervalo y cuyos extremos se apoyan en la muralla interna. La existencia de esta estructura ha originado que el relleno de la cavidad central sea de tipo geopetal.

*Dimensiones* (mm.). D 8; I 2,4; IK 0,3. Muralla externa: e 0,20. Muralla interna: e 0,30. Barras: e 0,15-0,20.

*Discusión.* La existencia de barras radiales completas con una disposición regular es característica de la especie *Chouberticyathus clatratus* descrita por Debrenne.

*Distribución.* MARRUECOS. Tizi. Oumeslema. Amagour, Timghitien (Leniense). ITALIA. Cerdeña. Cuccuru Contu. Calizas I. Formación Nebida. Leniense. FRANCIA. Montaña Negra. «Calizas con Arqueociatos». UNION SOVIETICA. Turkestán. Cámbrico Inferior. ESPAÑA. Badajoz. Alconera. Cámbrico Inferior. Marianiense. Zona IX. Miembro La Hoya. Montículos arrecifales.

Familia: PROTOPHARETRIDAE VOLOGDIN, 1957.

*Diagnosis.* Muralla interna con grandes aberturas.

Género: *Protopharetra* BORNEMANN, 1884.

Especie tipo: (SIMON, 1939) *Protopharetra polymorpha*, BONERMANN, 1884.

*Diagnosis.* Cálices ramificados o solitarios. Muralla externa a menudo imperforada y en las grandes formas está constituida por una red intervalar recubierta por una fina membrana sin poros visibles. La muralla interna es una simple abertura del espacio intertenial. El intervalo está lleno de plaquitas alabeadas unidas entre sí por sus ramificaciones o por varillas en posición de sinápticos; a veces se pueden orientar formando pseudoseptos hacia la muralla interna. Presentan abundante tejido vesicular.

*Protopharetra bigoti* DEBRENNE, 1964  
Lám. V, figs. 2 y 6; Lám. VI, figs. 1 y 2. Cuadro 3

1958 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN, 1887 (parte) - Debrenne, p. 617; lám. 31, figs. 4, 5; lám. 32, figs. 2, 3, 4.

1964 *Protopharettra bigoti* DEBRENNE, pp. 49, 213.

1976 *Protopharettra bigoti* DEBRENNE - Zamarréño & Perejón, p. 25; lám. 1, fig. 3.

Holotipo: A<sub>3</sub>. Mus. Hist. Natural. París.

Localidad tipo: Carteret. Francia. Cámbrico Inferior.

Material estudiado: Ocho ejemplares de CP<sub>1</sub>.

**Diagnosis.** Cálices en los que la muralla interna y la cavidad central se encuentran claramente definidas. La porosidad de la muralla externa es menos regular y más tardía que en la interna. Los elementos esqueléticos son muy numerosos y se disponen radialmente desde la muralla interna, mientras que hacia la externa su disposición es más caótica. A menudo estos elementos se espesan en las zonas de la muralla externa libre de brotes configurando un aspecto de «poros en tridente» señalados por Taylor en el género *Metaldetes* TAYLOR, 1910. El tejido vesicular aparece antes que los elementos esqueléticos en los brotes iniciales. En la parte inferior del individuo presenta una disposición transversal regular. En las zonas de brotes alcanza un gran desarrollo y parece individualizar sectores del intervalo. Las dos murallas y elementos esqueléticos se encuentran envueltas por una fina membrana (pellis), e incluso atravesar la cavidad central.

Los brotes pueden individualizarse del cáliz antecesor o formar con él una colonia arborescente.

**Descripción.** Cálices con la muralla externa envuelta por una fina membrana que rodea a la estructura de «poros en tridente» originada por el espesamiento de los elementos esqueléticos. La muralla interna está bien definida y presenta una gran abertura por espacio intertenial, a menudo

envuelta por una fina membrana (pellis). Los elementos esqueléticos son abundantes y se disponen próximos a la muralla interna radialmente. Existe abundante tejido vesicular relacionando los elementos esqueléticos del intervalo, y ambos pueden encontrarse en la cavidad central en determinados episodios de desarrollo del cáliz (lám. 50, figura 1). Son muy frecuentes los brotes que dan origen a otros cálices, configurando una colonia arborescente, que junto con los cálices de *Agastrocyathus* DEBRENNE, 1964, y *Aldanocyathus* VORONIN, 1971, fundamentalmente, constituyen una textura *framework* en los montículos arrecifales del Miembro I en la Formación Pedroche.

*Dimensiones* (mm.). Cuadro 3.

STIGLAS	1904/3	2006/1b	2005/1	2004/3b	2006/1a	2001b/1	1404/1a	2005/2
D	5,2	6,3	8,0	8,0	8,0	8,7	9,6	10
I	1,5	1,8	2,1	2,1	2,4	2,9	2,8	3
IK	0,29	0,28	0,26	0,26	0,30	0,33	0,29	0,30
Muralla β	0,05	-	-	0,05	0,05	-	0,10	-
externa e	0,25	0,10	0,20	0,15	0,10	0,25	0,20	0,25
Muralla β	0,15	0,15	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15
interna e	0,15-0,30	0,20	0,10	0,15	0,30	0,20	0,10-0,15	0,15
El. Esq. e	0,06	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05-0,10	0,06-0,10
T. vesic. e	0,02	0,02	0,02	-	0,01	0,02	0,02	0,02

Cuadro 3.—Medidas de los ejemplares asignados a *Protopharettra bigoti* DEBRENNE, 1964.

**Discusión.** Nuestros ejemplares presentan las relaciones estructurales características de la especie asignada. Hemos de destacar la existencia, en algunos episodios, de elementos esqueléticos limitados por una membrana fina dentro de la cavidad central, la cual en etapas anteriores del desarrollo del cáliz se encontraba vacía. En este caso pode-

### Lámina V

Figura 1.—*Chouberticyathus clatratus* DEBRENNE, 1964.

Sección transversal. A<sub>2</sub>-117/2. Alconera. Barra de 2 mm.

Figuras 2 y 6.—*Protopharettra bigoti* DEBRENNE, 1964.

Figura 2.—Sección transversal. CP<sub>1</sub>-1404/1a. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 2 mm.

Figura 6.—Sección longitudinal. CP<sub>1</sub>-2005/2. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 3 mm.

Figura 3.—*Protopharettra grandicaveata* VOLOGDIN, 1940b.

Sección longitudinal oblicua. CE-2304. Las Ermitas. Calizas perirrecifales. Barra de 4 mm.

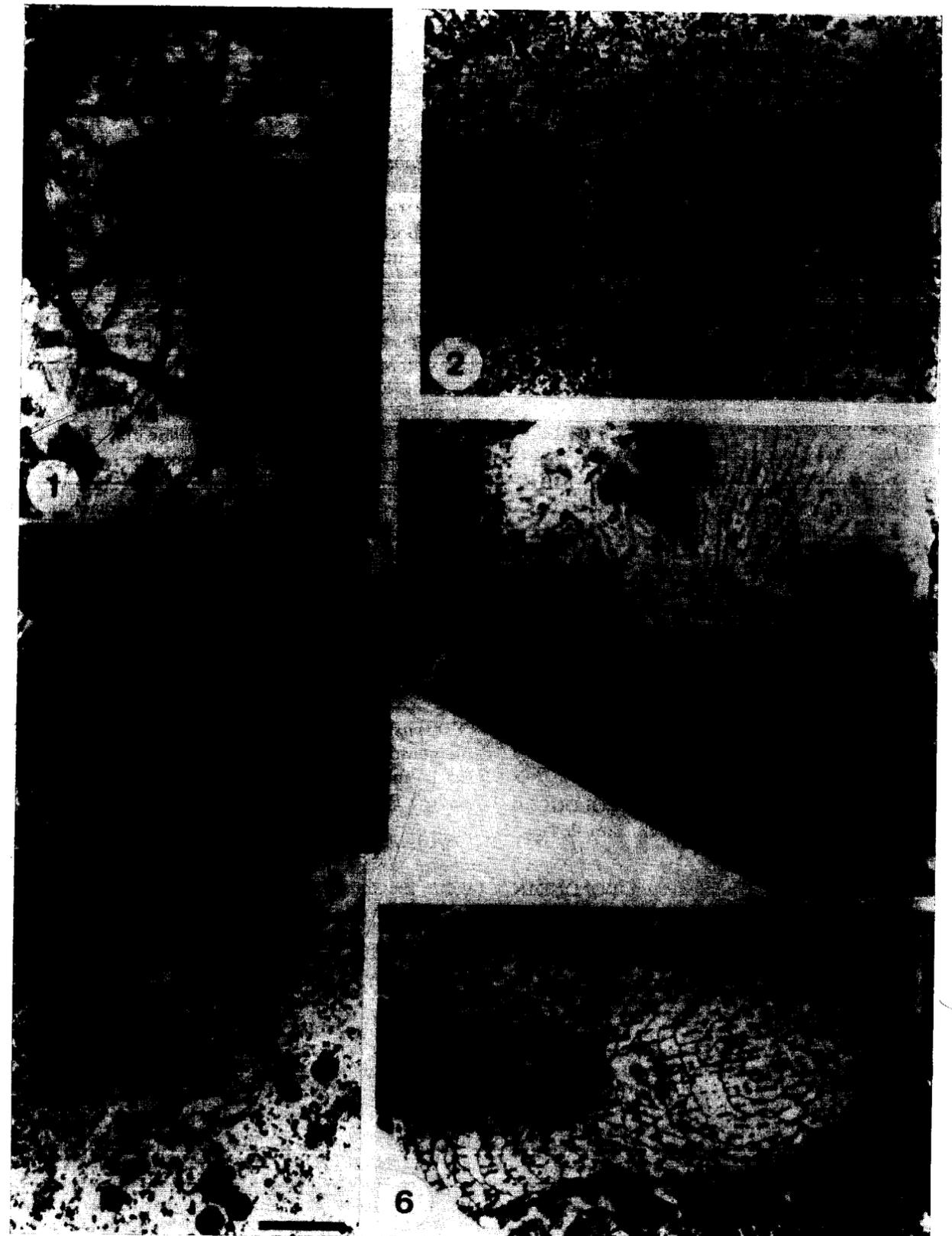
Figura 4.—*Protopharettra polymorpha* BORNEMANN, 1887.

Sección longitudinal oblicua de una colonia con abundantes estolones. CE-2603/1. Cerro de Las Ermitas. Calizas brechoides. Barra de 3 mm.

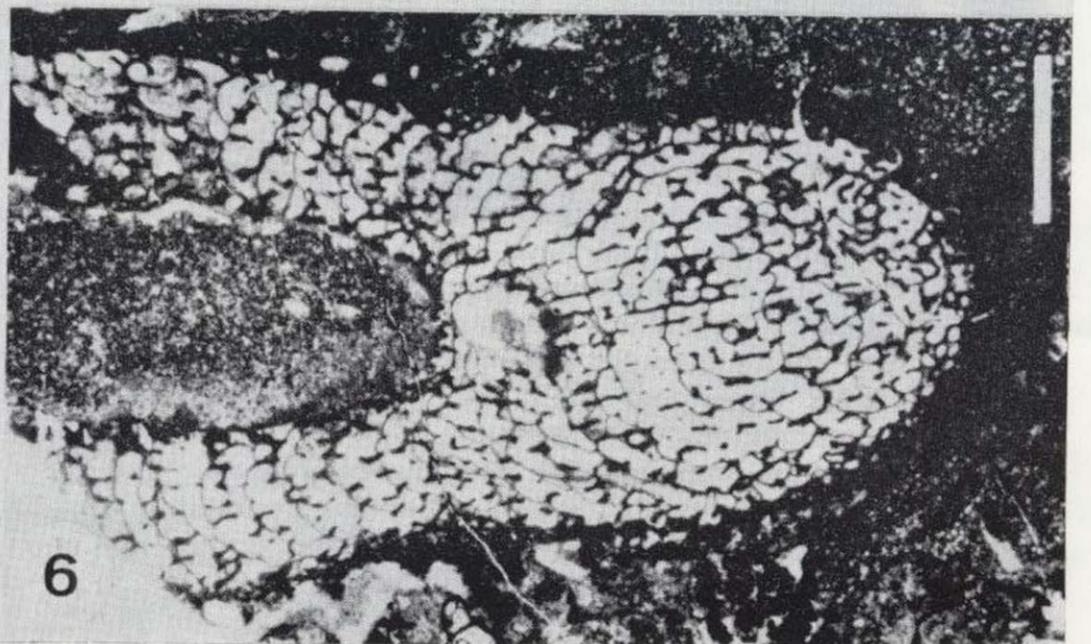
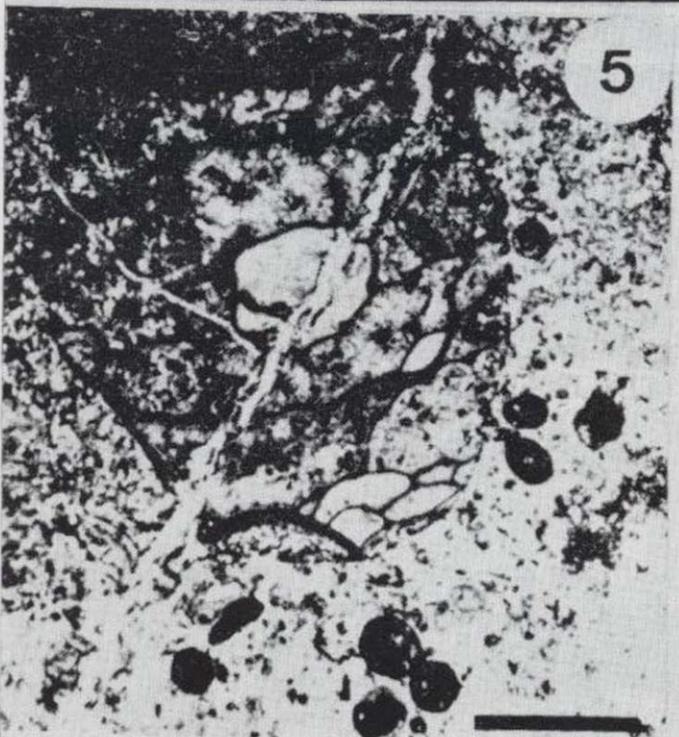
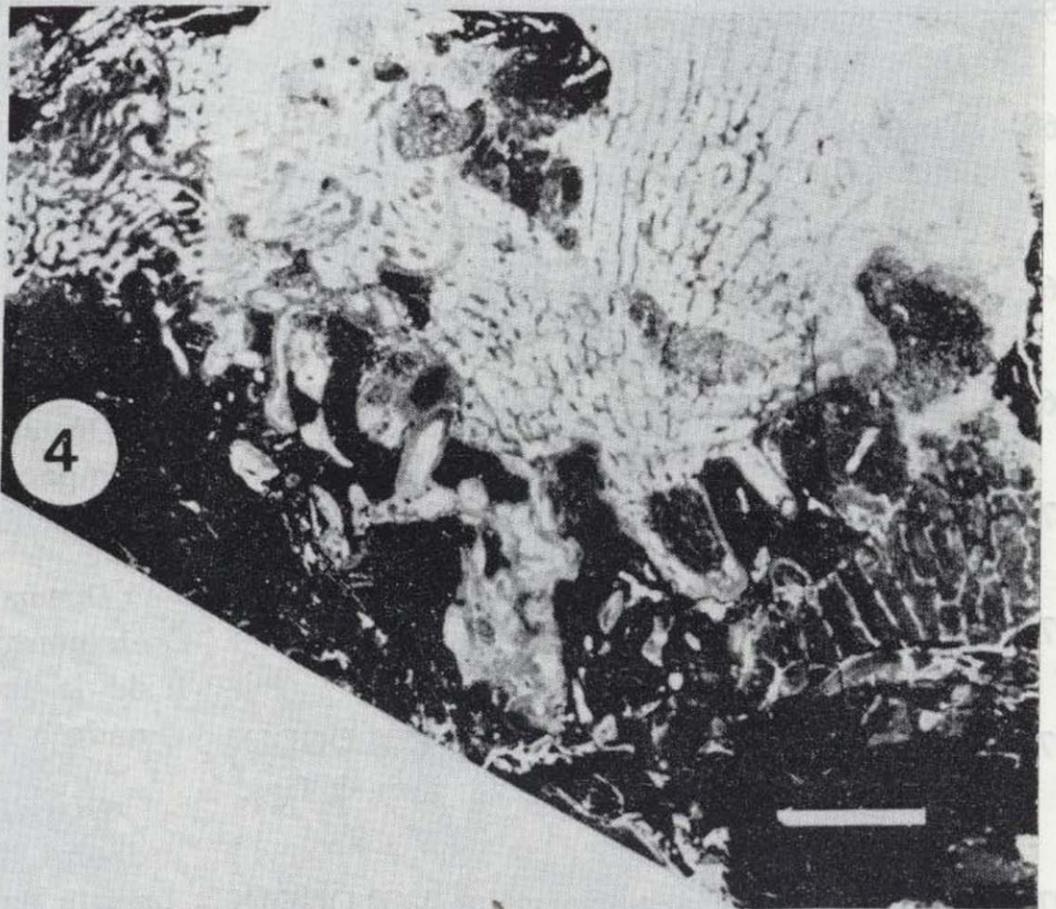
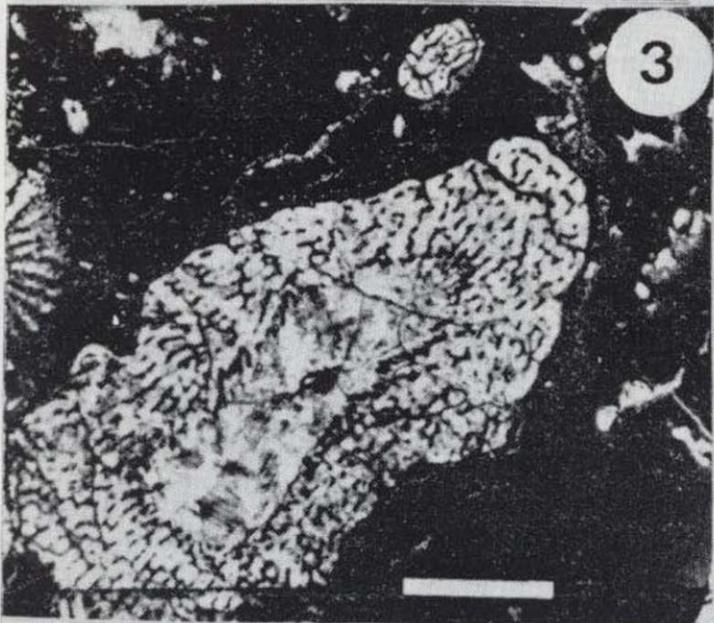
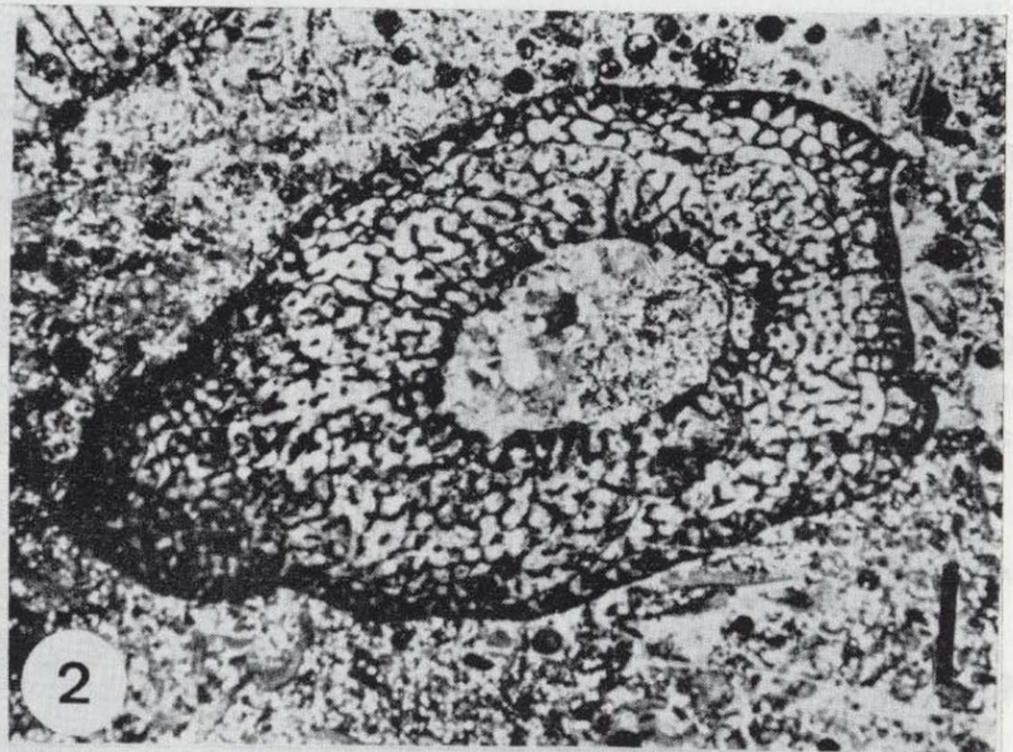
Figura 5.—*Protopharettra* sp.

Fragmento de una sección transversal oblicua. CP<sub>1</sub>-1800c/1. Calizas bioclásticas. Barra de 2 mm.

### LAMINA V



LAMINA V



mos observar cómo los criterios taxonómicos que separan los géneros *Protopharetra* BORNEMANN, 1884, y *Agastrocyathus* DEBRENNE, 1964, convergen en un mismo individuo.

**Distribución.** FRANCIA. Carteret. Cámbrico Inferior. Atdabaniense Medio y Superior. ESPAÑA. Piedrafita (Lugo). Cámbrico Inferior. Ovetiense Superior. Zona V. Canteras del Arroyo Pedroche (Córdoba). Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas II. Montículos arrecifales y calizas bioclásticas.

*Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN, 1940b  
Lám. V, fig. 3

1940b *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN, p. 42; lám. 3, figs. 1, 2.

1959b *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Debrenne, p. 21; lám. 5, fig. 3.

1960 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Zhuravleva et al., p. 134; lám. Cm-x, figs. 7-8.

1964 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Repina et al., p. 239; lám. 26, figs. 5-6.

1964 *Protopharetra* aff. *grandicaveata* VOLOGDIN - Debrenne, p. 216; lám. 32, figs. 8, 9.

1975 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Debrenne, p. 351; fig. 9b.

1976 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Perejón, p. 14; lám. 2, fig. 10.

1976 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Zamarreño & Perejón, p. 28; lám. 1, figs. 1-2.

1976 *Protopharetra grandicaveata* VOLOGDIN - Fonin, pp. 98-99; lám. 13, figs. 1-7.

Holotipo: No designado.

Lectotipo: Vologdin, 1940.

Localidad tipo: Salair, Belaia Gorka, Unión Soviética. Cámbrico Medio.

Material estudiado: CE - 2304.

**Diagnosis.** Muralla externa compacta. El intervalo está ocupado por escasas varillas relacionadas entre sí por plaquitas verticales. Muralla interna porosa. Abundante tejido vesicular en el intervalo que en ocasiones atraviesa la cavidad central.

**Descripción.** Nuestro ejemplar presenta un corte longitudinal oblicuo donde se puede observar la existencia de una muralla externa compacta y una muralla interna con una sola abertura por cada fila radial de elementos esqueléticos. Intervalo ocupado por plaquitas alabeadas verticales y horizontales, con una disposición radial en el área próxima a la muralla interna. El tejido vesicular aparece en zonas del intervalo, relacionando elementos esqueléticos, y atraviesa la cavidad central en algunas ocasiones. Alrededor del cáliz encontramos pequeños brotes o estolones, y un cáliz juvenil de la misma especie.

**Dimensiones** (mm.). D 7,6; I 2,4. Muralla externa compacta: e 0,30. Muralla interna porosa: Ø 0,15; e 0,25. Elementos esqueléticos: e 0,10.

**Discusión.** Por la relación y distribución de los elementos esqueléticos, así como por la existencia de la muralla externa compacta, lo hemos asignado a *P. grandicaveata*.

**Distribución.** UNION SOVIETICA. Sayan Occidental, Salair, Mongolia. Cámbrico Inferior. Horizonte Bazaihk. MARRUECOS. Tazemmourt, Amouslek. Cámbrico Inferior. Amouslekien. ESPAÑA.

#### Lámina VI

Figura 1.—*Protopharetra bigoti* DEBRENNE, 1964.

Sección longitudinal cuya cavidad central aparece vacía pero a una determinada altura del cáliz se encuentra llena de elementos esqueléticos y tejido vesicular. CP<sub>1</sub>-1904/3c. Existen otras secciones tangenciales de Irregulares además de Regulares, como *Aldanocyathus anabarensis* (b) cuya muralla externa está en contacto con el cáliz de *Protopharetra bigoti* (c). Canteras del Arroyo Pedroche. Montículos arrecifales. Barra de 2 mm.

Figura 2.—*Protopharetra bigoti* DEBRENNE, 1964.

Secciones longitudinales oblicuas de dos cálices que se ramifica uno del otro y forman parte de la textura *framework* de los montículos arrecifales. CP<sub>1</sub>-2006/1a y b. Se encuentran abundantes algas calcáreas y una sección oblicua de *Coscinocyathus* (c). Canteras del Arroyo Pedroche. Montículos arrecifales. Barra de 3 mm.

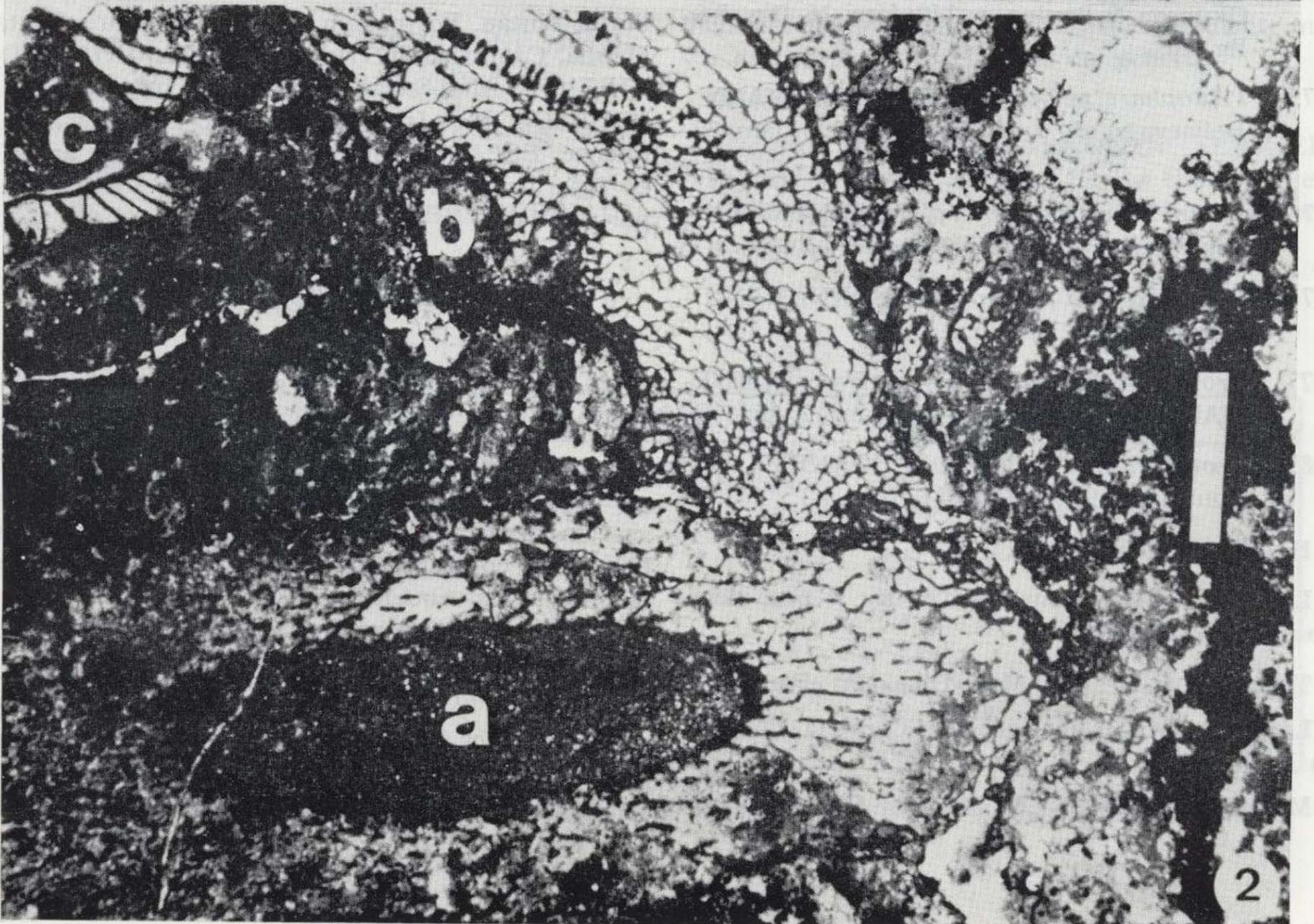
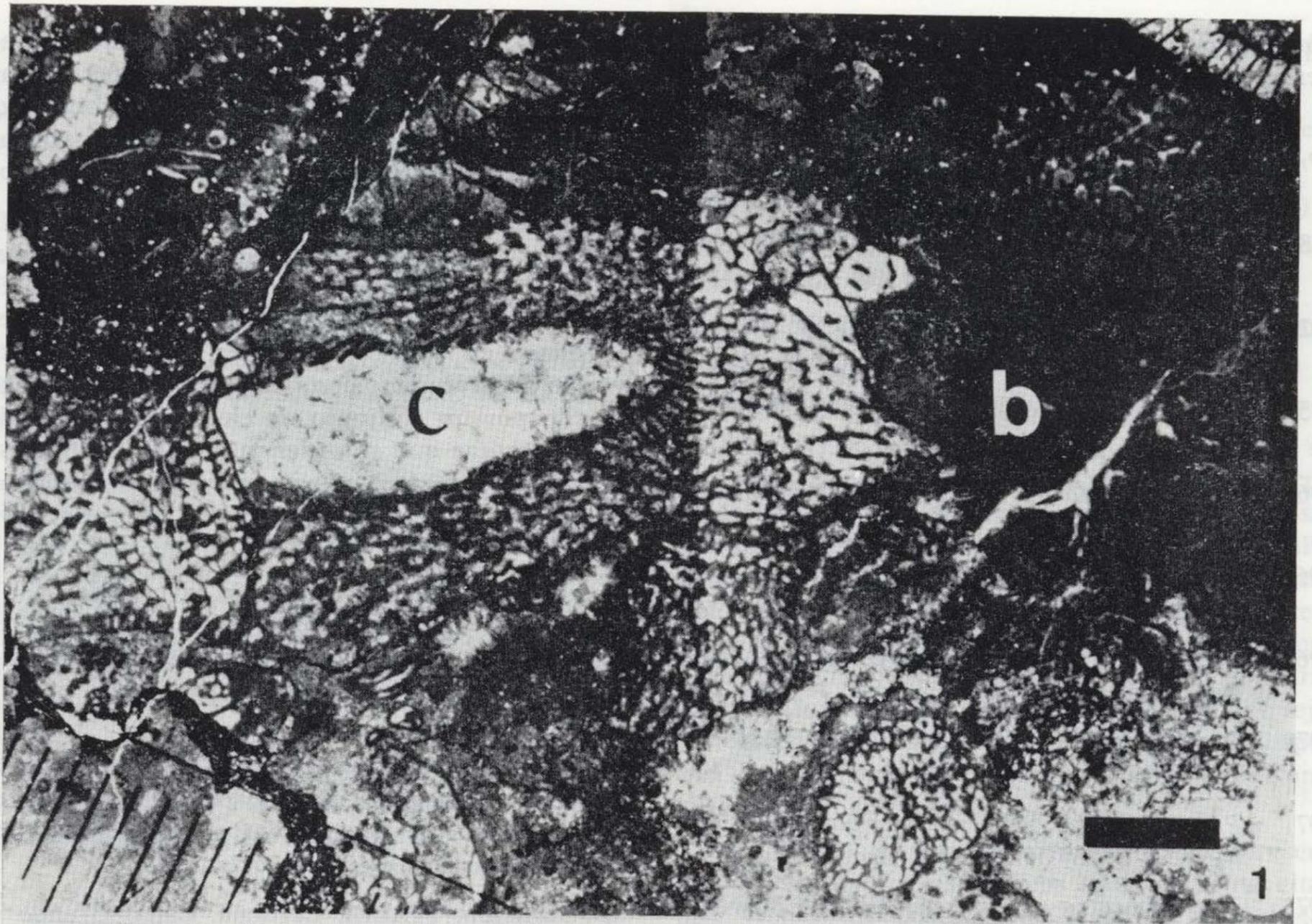
#### LAMINA VI



LAMINA VI

LOS MONTÍCULOS ARQUEOCITARIOS Y ARQUEOCITOS

195 - 196



Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Calizas perirrecifales.

- Protopharetra polymorpha* BORNEMANN, 1887  
Lám. V, fig. 4
- 1887 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN, p. 57; lám. 5, fig. 4; lám. 6, fig. 1.
- 1920 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Gordon, p. 695; lám. 3, fig. 36; lám. 6, fig. 66.
- 1959 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Debrenne, p. 21; lám. 5, fig. 3.
- 1960 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Zhuravleva, p. 295; lám. 28, figs. 7, 8.
- 1964 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Repina et al., p. 239.
- 1964 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Debrenne, p. 213; lám. 37; lám. 38, figs. 1-2.
- 1970 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Zhuravleva et al., p. 45; lám. 19, figs. 1-3.
- 1971 *Protopharetra* aff. *polymorpha* BORNEMANN - Handfield, p. 69; lám. 13, fig. 4.
- 1973 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Okuneva & Repina, p. 149; lám. 26, figs. 5-6; fig. 76.
- 1975 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Beliaeva et al., p. 95; lám. 27, fig. 3; lám. 37, fig. 4.
- 1976b *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Perejón, p. 15; lám. 3, figs. 5-6.
- 1976 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Okuneva; lám. 10, fig. 3.
- 1977 *Protopharetra* cf. *polymorpha* BORNEMANN - Debrenne, p. 124; lám. 7, fig. 4B.
- 1985 *Protopharetra polymorpha* BORNEMANN - Fonin, pp. 94-95; lám. 11, figs. 1-3.

Holotipo: No precisado.

Lectotipo: Bornemann, lám. 5, fig. 4 bas. elegido por SIMON (1939).

Topotipo: C Gr. 3/3. Mus. Hist. Nat. París.

Localidad tipo: Canal Grande, Cerdeña. Cámbrico Inferior.

Material estudiado: CE - 2603/1 y CP<sub>1</sub>-2003/3b.

**Diagnosis.** Forma colonial, cuyos cálices se desarrollan rápidamente de uno o varios brotes, extendiéndose en todas direcciones. Intervalo ocupado por numerosas plaquitas que se disponen alineadas en sentido vertical, anastomosadas o relacionadas por varillas y tejido vesicular.

**Descripción.** Cálices coloniales con numerosos brotes, que en algunos casos se independizan. Del ápice común el cáliz se extiende rápidamente, abriéndose en todas direcciones. La muralla externa es generalmente compacta, y el intervalo está ocupado por un conjunto de elementos esqueléticos y plaquitas que se ordenan en filas verticales, y se relacionan entre sí por sus propias ramificaciones, por varillas o por láminas de tejido vesicular.

**Dimensiones** (mm.). Altura de la colonia: 15,5; Diámetro de la colonia: 23,7. Distancia entre las filas longitudinales: 0,20-0,25. Muralla externa compacta; e variable. Elementos esqueléticos: e 0,07-0,20.

**Discusión.** El carácter colonial, la existencia de numerosos brotes, el tipo de desarrollo del cáliz, y la estructura de los elementos esqueléticos son características de la especie asignada.

**Distribución.** ITALIA. Cerdeña. Canal Grande y Punta Pintau. Formación Nebida. Miembro Punta Manna. Cámbrico Inferior. Calizas II. UNION SOVIETICA. Altai-Sayan. Cámbrico Inferior. MARRUECOS. Jbel Irhoud. Cámbrico Inferior. Botomiense. ESPAÑA. Córdoba. Las Ermitas. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Calizas perirrecifales.

*Protopharetra* sp.  
Lám. V, fig. 5

Material estudiado: CP<sub>1</sub>-1800c/1.

**Descripción.** Fragmento de cáliz con dos murallas definidas y la cavidad central vacía. La muralla externa parece porosa, aunque en algunas zonas es compacta; la muralla interna presenta grandes aberturas correspondientes a los espacios entre los elementos esqueléticos, los cuales son poco frecuentes en el intervalo, mientras que el tejido vesicular es muy abundante, e incluso envuelve a la muralla interna.

**Dimensiones** (mm.). D 5,5; I 1,6. Muralla externa finamente porosa: Ø 0,04; e 0,04. Muralla interna: e 0,05. Elementos esqueléticos: e 0,07.

**Discusión.** La distribución y cantidad de los elementos esqueléticos es similar a *P. grandicaveata* pero el material que disponemos no nos permite asignarla con certeza a dicha especie.

**Distribución.** ESPAÑA. Canteras del Arroyo Pedroche. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-II. Calizas bioclásticas.

Género: *Agastrocyathus* DEBRENNE, 1964.

Especie tipo: *Protopharetra gregaria* DEBRENNE, 1961, por designación original de DEBRENNE, 1964 (p. 209).

**Diagnosis.** Colonial, raramente en cálices solitarios. Muralla externa alveolar parcialmente envuelta por tejido vesicular. En el intervalo se encuentran varillas o plaquitas que forman filas longitudinales sin tener una disposición radial definida, las varillas horizontales y oblicuas son menos frecuentes. La muralla interna y la cavidad central están reemplazadas por una zona axial, formada por los elementos esqueléticos del intervalo modificados, con mayor longitud y espesor, dirigidos hacia arriba y convergentes con el eje del cáliz. Existe tejido vesicular.

*Agastrocyathus gregarius* (DEBRENNE, 1961)  
Lám. VII, figs. 1-5. Cuadro 4

- 1959 *Protopharetra densa* BORNEMANN - Debrenne, p. 20; lám. 5, fig. 1.
- 1961 *Protopharetra gregaria* DEBRENNE, p. 21; lám. 2, figs. 5, 6.

1964 *Agastrocyathus gregarius* (DEBRENNE), p. 211; lám. 35, figs. 2-4; lám. 36, fig. 3.

1964 *Dictyocyathus stipatus* DEBRENNE (parte) - Debrenne, p. 202.

1978 *Agastrocyathus gregarius* (DEBRENNE) - Debrenne F & M, p. 114; lám. 2, fig. 5.

Holotipo: H071. Collect. Hollard, MNHN.

Localidad tipo: Jbel Taïsa. Marruecos. Amouslekien.

Material estudiado: Doce ejemplares.

**Diagnosis.** Cálices coloniales cilíndricos que se individualizan rápidamente. La muralla externa está formada por elementos esqueléticos engrosados que se anastomosan regularmente. La muralla interna no está definida, y las varillas del intervalo se alargan y se disponen oblicuas y convergentes con el eje del cáliz. En el intervalo se encuentran numerosos elementos esqueléticos, raramente bifurcados, y relacionados entre sí por tejido vesicular. Estas varillas y plaquitas se disponen regularmente en filas verticales pero sin una neta disposición radial.

**Descripción.** Los ejemplares estudiados presentan los caracteres específicos anteriormente citadas. Hemos de destacar la densidad de los elementos esqueléticos, que es considerablemente mayor que en las otras especies del género.

**Dimensiones** (mm.). Cuadro 4.

**Discusión.** Difiere de *A. chouberti* (TERMIER, 1950) por la mayor densidad de los elementos esqueléticos, y de *A. perdixii* DEBRENNE, 1964, por la diferente construcción de la zona axial.

SIGLAS	2004/3d	2006/2a	2005/1a	2004/3c	1902/1a	2006/1c	1902/1a	1506/1a	2004/3a	1404/1b	2003/3a	2004/3e
Zona axial	D	4,1	4,2	4,2	4,5	4,5	5,3	5,8	6,0	6,1	6,9	9,3
Muralla externa	g	0,05-0,08	0,05	-	0,05-0,10	0,05	-	0,05-0,08	0,05	0,5	0,05-0,10	0,07
	i	0,05-0,08	0,05	-	0,05-0,10	0,07	0	0,05-0,08	0,08	0,05	0,07	0,10
	e	0,09	0,05	0,07	0,10	0,09	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20
Elementos esqueléticos	e	0,07	0,05-0,07	0,05-0,10	0,05-0,07	0,06	0,05-0,08	0,05-0,10	0,07	0,06-0,10	0,10	0,08
	dv	-	-	0,15-0,25	-	-	-	-	0,20	-	-	-
	dt	0,10	0,15	-	0,10	0,12	0,15	0,10	0,20-0,25	-	0,12	0,10
Zona interna	e	0,07	0,10	0,10	0,08	0,15	0,08	0,08	0,10-0,15	0,10	0,13	0,09
	l	0,30	0,20	0,75	0,30	0,25	0,25	-	0,30	0,50	0,50	0,55
densidad	mm <sup>2</sup>	17	17	14	15	17	17	16	13	14	16	13

Cuadro 4.—Medidas de los ejemplares asignados a *Agastrocyathus gregarius* (DEBRENNE, 1961).

*Distribución.* MARRUECOS. Jbel Taïsa. Talaint. Tiout. Cámbrico Inferior. Amouslekien. ESPAÑA. Córdoba. Canteras Arroyo Pedroche. Cámbrico Inferior. Ovetiense Inferior. Zonas I-III. Montículos arrecifales y calizas bioclásticas.

Las secuencias más completas del Cámbrico Inferior con fauna se encuentran en la Plataforma de Siberia y la región de Altai-Sayan, en las cuales el Cámbrico Inferior se ha dividido en varios horizontes de carácter local que corresponden a los pisos: Tommotiense, Atdabaniense, Botomiense (antes Leniense) y Toyoniense (antes Elankiense). En la Plataforma de Siberia las subdivisiones bioestratigráficas basadas en la fauna de arqueociatos, trilobites, hyolithes, etc. (ZHURAVLEVA, KORSHUNOV & ROZANOV, 1969) abarcan los pisos Tommotiense, Atdabaniense y Botomiense, mientras en la región de Altai-Sayan las subdivisiones corresponden al Atdabaniense, Botomiense y Toyoniense (OSADCHAJA et al., 1979) (cuadro 5). La correlación de las divisiones estratigrá-

**BIOESTRATIGRAFIA**

Las divisiones del Cámbrico Inferior en edades, pisos y horizontes presentan un carácter local para cada una de las áreas geográficas en las que se han definido, y sólo en algunos casos se han establecido correlaciones estratigráficas de las diferentes unidades.

SERIE	PISO	Horizonte	PLATAFORMA DE SIBERIA	Horizonte	ALTAI-SAYAN, KUZNETSK	PENINSULA IBERICA			ALCONERA	CORDOBA	
						SOZUY 1971	PEREJON 1984	ZONAS			
CAMBRICO INFERIOR	TOYONIENSE			Soloi Obru-tzov   chev		BILBI-LIENSE	BILBI-LIENSE	XI			
	BOTOMIENSE	Sinsk-Tarykutorgin		Sanachtykgoi	<i>Siringocyathus</i>	MARTA-NIENSE	MARTA-NIENSE	X			
					<i>Tercyathellus altaicus</i>			IX			
					<i>Clathricoscinus</i>			VIII			
	ATDABANIENSE	Superior		Fansycyathus lemontovae	Kameshki	<i>Torosocyathellus torosus</i>	O V E T I E N S E	O V E T I E N S E SUPERIOR	VII		
				<i>Nochoroicyathus kokoulini</i>		<i>Porocyathellus cyroflexus</i>			VI		
				<i>Porocyathus pinus</i>	Bazaik	<i>Scichotecyathus howelli</i>			V		
				<i>Leptosocyathus polyseptus</i> <i>Retecoscinus zegebarti</i>		<i>Nochoroicyathus mariinski</i>			IV		
	TOMMOTIENSE	Keniada		<i>Dokidocyathus lenaicus</i>	Baz.		O V E T I E N S E INFERIOR	O V E T I E N S E INFERIOR	III		
				<i>Dokidocyathus regularis</i>					II		
				<i>Aldanocyathus sunnaginicus</i>					I		

Cuadro 5.—Divisiones bioestratigráficas del Cámbrico Inferior de la Plataforma de Siberia (ZHURAVLEVA, KORSHUNOV & ROZANOV, 1969), de Altai-Sayan y Kuznetsk (OSADCHAJA et al., 1979), y su correlación con las divisiones propuestas para la Península Ibérica. Dispersión bioestratigráfica de la asociación de Arqueociatos de las localidades estudiadas.

**LAMINA VII**



Figuras 1-5.—*Agastrocyathus gregarius* (DEBRENNE, 1961).

Figura 1.—Secciones transversales. CP<sub>1</sub>-2004/3 c, d y e. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 2 mm.

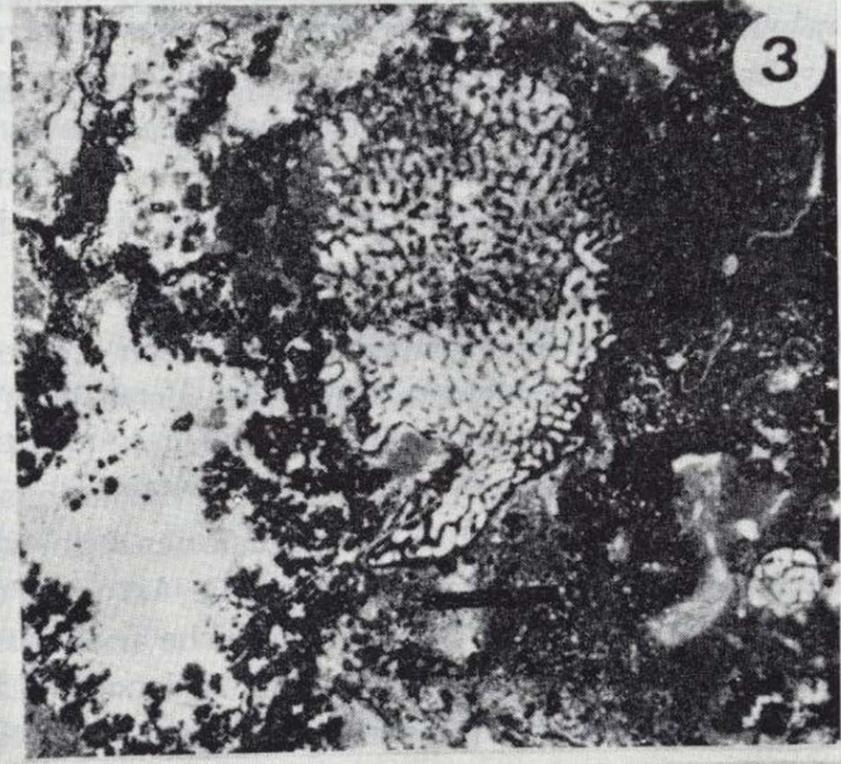
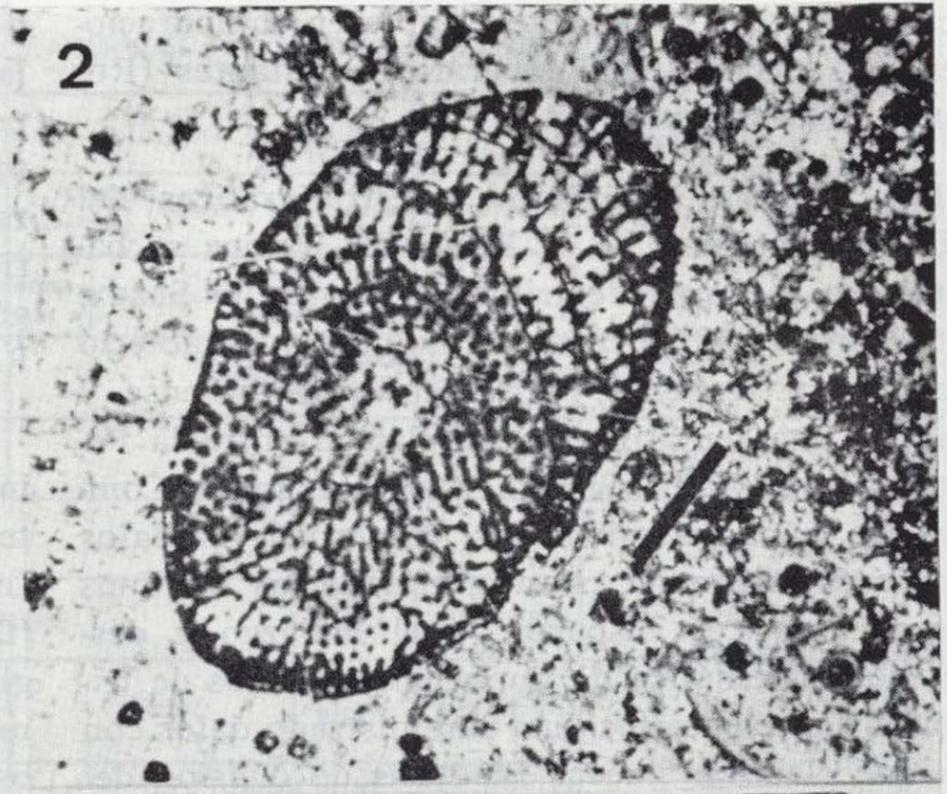
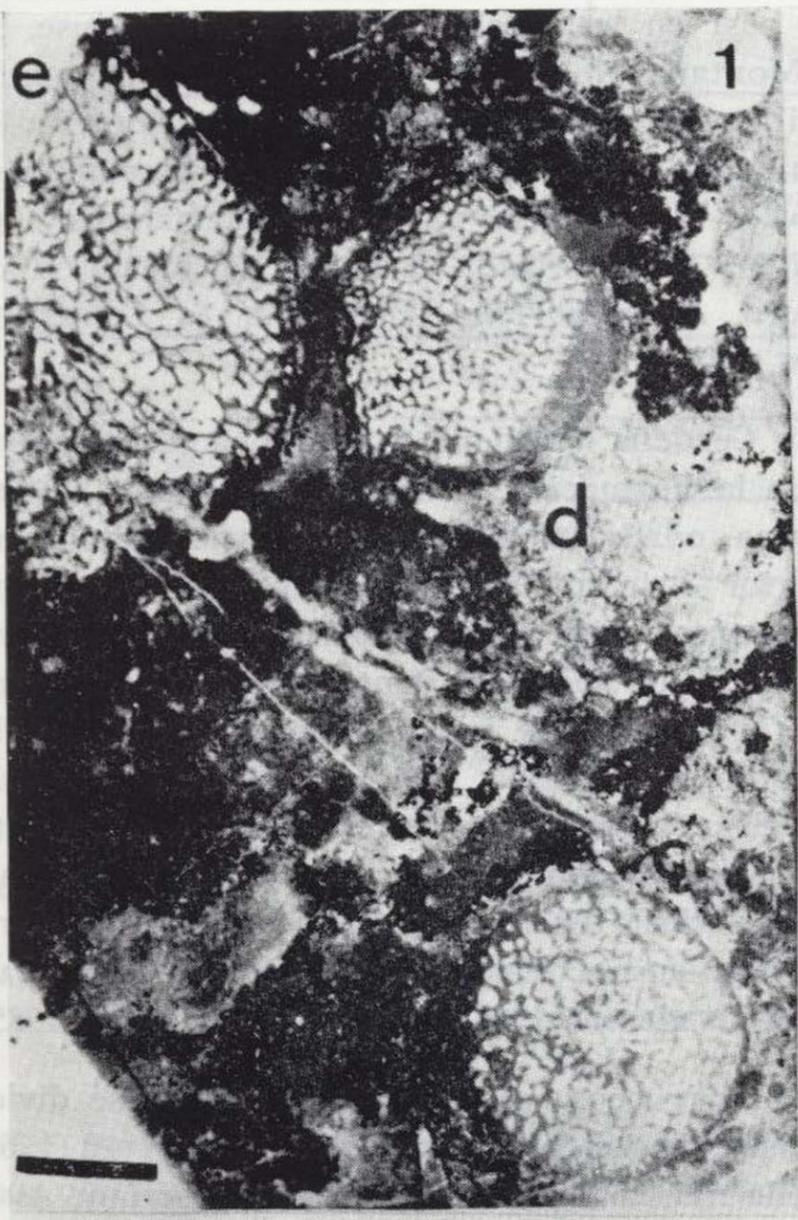
Figura 2.—Sección transversal. CP<sub>1</sub>-1404/1b. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 2 mm.

Figura 3.—Sección transversal oblicua. CP<sub>1</sub>-2006/1. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 2 mm.

Figura 4.—Sección longitudinal. CP<sub>1</sub>-2005/1a. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 3 mm.

Figura 5.—Sección transversal. CP<sub>1</sub>-2006/2. Canteras del Arroyo Pedroche. Barra de 2 mm.

**Lámina VII**



ficas (HILL, 1972) permite establecer equiparaciones con otras áreas geográficas distantes (ROZANOV & DEBRENNE, 1974).

Las primeras divisiones bioestratigráficas del Cámbrico Inferior de la Península Ibérica se basaron en la fauna de trilobites (LOTZE & SDZUY, 1961; SDZUY, 1971), este último autor estableció tres pisos: Ovetiense, Marianiense y Bilbiliense, y elaboró una tentativa de correlación entre la Península, Anti-Atlas, Siberia, Newfoundland y Comley. En años sucesivos los numerosos trabajos publicados sobre la estratigrafía de las distintas áreas cámbricas hispanas, y el hallazgo y descripción sistemática de importantes faunas de trilobites y arqueociatos, han suministrado datos con los que elaborar nuevas hipótesis de división del Cámbrico Inferior. Las divisiones bioestratigráficas, basadas fundamentalmente en las diferentes asociaciones de géneros de arqueociatos (PEREJÓN, 1984) caracterizan las once Zonas que el autor propone y que apoya con otros grupos fósiles de trilobites, braquiópodos y algas.

Las localidades que hemos estudiado en el área de Córdoba se encontrarían situadas estratigráficamente en el Ovetiense Inferior (PEREJÓN, 1984), mientras Alconera correspondería al Marianiense (cuadro 5). En Córdoba las sucesiones con arqueociatos del Cerro de Las Ermitas, Arroyo Pedroche y Canteras del Arroyo Pedroche incluidas en el Miembro I de la Formación Pedroche (LIÑÁN, 1974), contienen géneros y especies característicos de las Zonas I, II y III (PEREJÓN, 1984). En Alconera, los sedimentos de la Formación Alconera, Miembros Sierra Gorda y La Hoya, aportan géneros y especies típicos de las Zonas VIII y IX. Dentro de la Península Ibérica, algunas localidades de la Cordillera Cantábrica y las de Salamanca y Montes de Toledo, presentan una asociación de géneros de arqueociatos que caracterizan las zonas IV, V, VI y VII, del Ovetiense Superior, por lo que su distribución estratigráfica presenta una posición intermedia entre las localidades estudiadas.

En áreas geográficas actualmente próximas a la Península Ibérica, tales como Cerdeña (Italia) y Montaña Negra (Francia), cuyas secuencias han sido correlacionadas entre sí (COURJAULT-RADE & GANDIN, 1984), el Cámbrico Inferior está data-

do, casi en su totalidad, como Botomiense. En la Montaña Negra, la Formación Orbiel tendría, posiblemente, una edad Atdabaniense Superior-Botomiense Inferior para las «alternances inférieures», y Botomiense para las «alternances supérieures» caracterizada ésta por la presencia del género *Anthomorpha* (DEBRENNE & COURJAULT-RADE, 1986).

En Cerdeña, el Miembro Matoppa con el que se inicia la Formación Nebida tendría probablemente una edad Atdabaniense Superior-Botomiense Inferior e incluiría la «Calcaire I» (biohermos) (DEBRENNE, 1964; según DEBRENNE et al., 1979, página 390); el Miembro Punta Manna, de esta misma formación que incluiría la «Calcaire II» (biostromos) (DEBRENNE, 1964), y el Miembro «Dolomia rigata» de la Formación Gonnese, están dados como Botomiense, y el Miembro «Calcare ceroide» de la Formación Gonnese correspondería al Toyoniense (DEBRENNE, 1964, 1971, 1973; GANDIN & DEBRENNE, 1984; DEBRENNE & GANDIN, 1985).

En Marruecos, el Cámbrico Inferior se divide en pisos siguiendo la nomenclatura de HUPE (1960) que de más antiguo a más moderno serían: Assadasien, Amouslekién, Timghitien, Tasousektien y Aguilizien. Un intento de correlación con la Plataforma de Siberia, basado en la fauna de arqueociatos, ha sido elaborado por DEBRENNE & DEBRENNE, 1978. Las diferentes localidades situadas en el Anti-Atlas, se pueden considerar según su cronoestratigrafía, en varios grupos, uno de ellos incluiría las de Amouslek, Tazemmourt, Jbel Taissa, Tiout, Bou Izarkarn, Talaint, Zrioula y tendría una edad Amouslekién, equivalente al Atdabaniense de la URSS (DEBRENNE, 1964; DEBRENNE & DEBRENNE, 1978). En otro grupo estarían las localidades de Amagour, Adai, cuya edad es Timghitien; y las de Sidi Moussa d'Agrou y Jbel Irhoud del Tasousektien, ambos pisos se corresponderían con el Botomiense (DEBRENNE, 1964, 1975).

Como hemos indicado, cada una de las áreas geográficas presenta una división estratigráfica singular; por ello hemos realizado un intento de correlación de las diferentes divisiones bioestratigráficas, basándonos en los datos que aportan los autores anteriormente mencionados para cada una de ellas (cuadro 6). Su interés radica en que permite correlacionar temporalmente distintas

UNION SOVIETICA	PISO	TOMMOTIENSE		ATDABANIENSE		BOTOMIENSE		TOYONIENSE				
PLATAFORMA DE SIBERIA	HORIZONTE	SUNNAGIN	KENIADA	Inferior	Superior	TARYN	SINSHO-KUTORGIN		ZHURAVLEVA, KORSHUNOV & ROZANOV, 1969			
ALTAI - SAYAN	HORIZONTE		BAZAIHK Inferior	BAZAIHK Superior	KAMESHKI	SANASHTYRGOL	SOLONTON	ORBUCHEV	OSADCHAJA et al., 1979			
MARRUECOS	PISO		ASSADASIEN	AMOUSLEKIEN	TIMGHITIEN	TASOUSEKTIEN	AGUILIZIEN		DEBRENNE & DEBRENNE, 1978			
CERDEÑA	FORMACION				MATOPPA	PUNTA MANNA	DOLOMIA RIGATA	CALCARE CEROIDE	DEBRENNE et al., 1979 DEBRENNE & GANDIN, 1985			
M. NEGRA Y CARTERET	FORMACION				ORBIEL				DEBRENNE & COURJAULT-RADE, 1986			
PENINSULA IBERICA	PISO	A				B		C	LOTZE, 1961			
	PISO	OVETIENSE				MARIANIENSE		BILBILIENSE	SDZUY, 1971			
PENINSULA IBERICA	PISO	CORDUBIENSE		OVETIENSE		MARIANIENSE		BILBILIENSE	PEREJON, 1984			
	ZONA		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Cuadro 6.—Ensayo de correlación de las diferentes divisiones cronoestratigráficas y bioestratigráficas del Cámbrico Inferior en distintas áreas geográficas.

áreas paleogeográficas, y facilita el conocimiento más preciso de la distribución estratigráfica de los taxones que se encuentran en áreas distintas.

La distribución estratigráfica de los géneros y especies que se hallan en las localidades estudiadas, comunes a otras regiones geográficas, se han representado teniendo en cuenta criterios estratigráficos y paleogeográficos para poder diferenciar las áreas geográficas donde se han citado.

Hemos considerado un total de quince áreas; las once primeras coinciden con las definidas por DEBRENNE & ROZANOV, 1983. Las localidades de la Península Ibérica las hemos agrupado en cuatro áreas diferentes: Cordillera Cantábrica, Salamanca y Montes de Toledo, Sierra Morena: Sector Olivenza-Zafra-Hornachuelos, y Sierra Morena: Las Ermitas y Arroyo Pedroche.

**Bioestratigrafía de los arqueociatos de Alconera**

En Alconera las asociaciones de géneros de arqueociatos que se han encontrado hasta la actua-

lidad caracterizan las Zonas VIII y IX del Marianiense. Únicamente aparecen tres géneros en la más antigua de estas zonas: *Aldanocyathus*, *Taylorcyathus* y *Coscinocyathus*, y no se ha encontrado fauna de trilobites. La Zona IX está caracterizada por un gran número de géneros, de los cuales *Mennericyathus* es el único exclusivo de esta zona; y aparecen asociados a los géneros de trilobites *Pagetiellus* (= *Delgadella*) y *Saukianida*.

En general los géneros de arqueociatos que se han encontrado en esta localidad presentan la distribución estratigráfica reflejada en el cuadro 7, en el que también se indica su amplitud estratigráfica en cada una de las áreas donde se encuentran.

La mayoría de los géneros representados se distribuyen en el Atdabaniense y Botomiense, sólo *Aldanocyathus*, *Robustocyathus*, *Rotundocyathus*, *Coscinocyathus*, *Retecoscinus*, *Dictyocyathus* y *Protopharetra* tienen una distribución más amplia, ya que en otras áreas existen en el Tommotiense, aunque ninguno de ellos ha sido citado en el Toyoniense. Sólo el género *Alconeracyathus* está limitado al Botomiense.

Hemos de destacar la presencia de los géneros *Urycyathus*, *Afiacyathus*, *Achaeopharetra*, *Chouberticyathus* y *Andalusicyathus*, cuya primera aparición se produciría en el Atdabaniense Inferior, en el área de Córdoba para después expandirse en el Atdabaniense Superior hasta finales del Botomiense.

En la distribución estratigráfica de las especies de Alconera (cuadro 8) hemos seguido los mismos criterios que en el caso de los géneros en relación con las áreas geográficas, y sólo hemos representado las especies comunes a otras localidades; por tanto hemos excluido aquéllas que sólo se encuentran en Alconera, tales como *Aldanocyathus pachecoi*, *Robustocyathus castellarensis*, *Rasetticyathusalconeri*, *Alconeracyathus melendezi*, *Afiacyathus debrennae*, *Taylorcyathus zhuravlevae*, *Coscinocyathus albuerensis*, *C. badajocensis*, *C. hispanicus*, *C. segedanensis*, *C. zafrensis*, *Mennericyathus hoyensis*, *Chouberticyathus extremadurensis* y *Protopharetra calurosa*, todos ellos pertenecientes a la Zona IX.

Las especies representadas, en general se sitúan en el Atdabaniense y Botomiense, y algunas incluso aparecen en el Tommotiense en otras áreas geográficas. Únicamente *Coscinocyathus calathus* parece tener una distribución limitada al Botomiense, y quizá Atdabaniense Superior en el área de Cerdeña. Las especies de este mismo género *C. diorii*, *C. marocanus* y *C. m. amouslekensis*, cuyas localidades tipo se encuentran en Marruecos, con una edad Amouslekien, amplían su distribución estratigráfica al encontrarse en la Zona IX de Alconera. Lo mismo ocurre para la especie *C. m. amagurensis*, pero en este caso su distribución queda limitada al Botomiense, ya que en Marruecos tiene una edad Timghitien.

#### Bioestratigrafía de los arqueociatos del Arroyo Pedroche

Los géneros de arqueociatos del Arroyo Pedroche y las Canteras anexas definen las Zonas I, II y III, que corresponden al Ovetiense Inferior (PEREJÓN, 1984), y por tanto su posición estratigráfica es la más baja del Cámbrico de la Península Ibérica, junto a la localidad del Cerro de Las

Ermitas, ambas próximas a la ciudad de Córdoba. En el cuadro 9 hemos representado los géneros comunes a otras áreas geográficas, quedando excluidos *Eladicyathus* y *Eremitacyathus*. En general la mayoría de los géneros presentan una dispersión geográfica mayor durante el Atdabaniense Superior y Botomiense, y sólo son coetáneos con la Plataforma de Siberia, durante el Atdabaniense Inferior. Algunos taxones coinciden temporalmente además en Altai-Sayan, Kazajstán, Mongolia, Extremo Oriente y Marruecos; este es el caso de *Tumulocyathus*, *Aldanocyathus*, *Dokidocyathus*, *Robustocyathus*, *Rotundocyathus*, *Sibirecyathus*, *Taylorcyathus*, *Tumulocyathus*, *Coscinocyathus*, *Retecoscinus*, *Dictyocyathus* y *Protopharetra*.

En otros casos nos encontramos con géneros cuya cita más antigua es ésta, por lo que su distribución estratigráfica se inicia en Córdoba, como son *Axiculifungia*, *Flindersicoscinus* y *Pycnoidocyathus* pertenecientes a la Zona I; *Afiacyathus*, *Gordonifungia* y *Andalusicyathus* de las Zonas I y II; *Tumulifungia*, *Pretiosocyathus* de la Zona II, y *Archeopharetra* de las Zonas I, II y III.

Son numerosas las especies halladas en el Arroyo Pedroche, algunas por el momento exclusivas de esta localidad, tales como *Aldanocyathus pedrochei*, *A. zaharensis*, *Taylorcyathus carbonelli*, *Tumulifungia macphersoni*, *Eladicyathus beticus* y *Archeopharetra typica*. Pero la mayoría de ellas son comunes con otras áreas geográficas y su distribución estratigráfica se representa en el cuadro 10, donde puede observarse que algunos taxones ya han sido citados en el Tommotiense de la Plataforma de Siberia.

Hemos de resaltar la presencia de algunas especies cuya aparición se inicia en el Atdabaniense Inferior de esta localidad, *Coscinocyathus cf. elongatus*, *Protopharetra bourgini*, *Andalusicyathus andalusicus*, de la Zona I; *Gordonifungia batinensis*, *Protopharetra bigoti*, *Agastrocyathus chouberti*, de las Zonas I y II; *Agastrocyathus perdixii* de la Zona II, y *Agastrocyathus gregarius* de las Zonas I, II y III. De este modo la dispersión estratigráfica se amplía a niveles más bajos de los que se habían citado en otras áreas.

Las Zonas I, II y III pertenecen al Miembro I de la Formación Pedroche, en donde se encuen-

tran además de la fauna de Arqueociatos, abundantes algas calcáreas, tanto formas esqueléticas como estromatolitos.

En la Zona I junto a los géneros de arqueociatos exclusivos de ésta, *Axiculifungia*, *Flindersicoscinus*, *Pycnoidocyathus*, se encuentran *Vetella cf. safartiae*, *Charaulachia cordobensis* y *Bija*. En la Zona II los géneros exclusivos son *Tumulocyathus*, *Tumulifungia*, *Eladicyathus*, *Pretiosocyathus* y *Spinosocyathus*, junto a las algas s.l. *Vetella nodosa* y *Botomaella*. La Zona III con un único género exclusivo hallado en la localidad de Las Ermitas, *Echinocyathus*, está caracterizada por las asociaciones de arqueociatos, algas, trilobites y braquiópodos; estos dos últimos grupos están representados por *Bigotina*, *Lemdadella linaresae* y *Paterina* sp.

#### Bioestratigrafía de los arqueociatos del Cerro de las Ermitas

Las Zonas I, II y III definidas en el Miembro I de la Formación Pedroche también están representadas en esta localidad.

El porcentaje de géneros comunes del Cerro de Las Ermitas y del Arroyo Pedroche es de un 60 por 100, en un total de 23 géneros en la primera localidad y 27 en la segunda; son 14 los géneros comunes a ambas; entre los que destaca *Eremitacyathus*, el cual aparece exclusivamente en estas dos localidades.

En general, la dispersión geográfica de los taxones presentes en Las Ermitas es elevada, únicamente los géneros *Cordobicyathus* y *Morencyathus* son exclusivos de este yacimiento, y *Archeopharetra*, *Echinocyathus*, *Volvacyathus*, *Andalusicyathus* y *Flindersicoscinus* se han citado en un número reducido de áreas geográficas.

La distribución estratigráfica de los géneros de arqueociatos del Cerro de Las Ermitas se representa en el cuadro 11. Algunos de estos géneros inician aquí su aparición en el Atdabaniense Inferior; así, *Urycyathus*, *Archeopharetra*, *Echinocyathus*, *Chouberticyathus*, *Volvacyathus*, *Andalusicyathus* y *Flindersicoscinus* se encuentran en esta localidad estratigráficamente más bajos

que en Australia, Marruecos, Cerdeña, América del Norte occidental e incluso son los más antiguos dentro de la Península Ibérica.

Las especies de arqueociatos del Cerro de Las Ermitas (cuadro 12), en su mayoría son coetáneas con las de la Plataforma de Siberia o la región de Altai-Sayan. Existen también algunos casos donde la amplitud estratigráfica comienza en el Atdabaniense Inferior de esta localidad, y así las especies *Dictyocyathus stipatus*, *Loculicyathus cf. zolaensis*, *Andalusicyathus andalusicus*, *Dokidocyathus missarzhevskii*, *Protopharetra concentrica* y *Volvacyathus proteus* aparecen en niveles inferiores y por tanto son más bajos estratigráficamente que en las áreas donde se han citado anteriormente.

#### Bioestratigrafía de las especies de arqueociatos descritas

Las especies descritas tanto de las localidades de Alconera como de las del área de Córdoba, Arroyo Pedroche y Las Ermitas, tienen su distribución estratigráfica representada en el cuadro 13. En este caso la dispersión geográfica es muy limitada, ya que algunas de las especies son exclusivas de la localidad tipo, *Cordobicyathus deserti* y *Bicyathus aviculoides* del Cerro de Las Ermitas. *Robustocyathus castellarensis*, *Rasetticyathusalconeri*, *Alconeracyathus melendezi*, *Coscinocyathus badajocensis*, *C. segedanensis*, *C. zafrensis*, *C. cf. hispanicus* de Alconera.

Las especies comunes con otras áreas geográficas son coetáneas con las de la Plataforma de Siberia y con las de la región de Altai-Sayan, en la mayoría de los casos, durante el Atdabaniense y Botomiense. También se han encontrado en Marruecos y Cerdeña; en este caso las especies citadas en nuestras localidades no son de la misma edad, ya que se hallan en niveles más bajos, como es el caso de *Protopharetra bigoti* y *Agastrocyathus gregarius*, o en niveles más altos, como ocurre con *Coscinocyathus cf. diourii* y *Chouberticyathus clatratrus*.

#### PALEOGEOGRAFIA

Las reconstrucciones paleogeográficas del Cám-

brico basadas fundamentalmente en los datos paleomagnéticos nos ofrecen una interpretación hipotética de la disposición de las placas continentales. La existencia de cinco continentes separados en el inicio del Cámbrico parece estar admitida entre los especialistas en el tema, pero no así la posición relativa de estos continentes, ya que para algunos autores los paleocontinentes se situarían fundamentalmente en una banda ecuatorial con dos grandes océanos polares (SCOTSE et al., 1979), mientras la reconstrucción elaborada por SEYFERT & SIRKIN (1979), cuyas paleolatitudes están basadas también en datos paleomagnéticos, los continentes se encontrarían principalmente en el hemisferio Sur.

En las zonas tropicales, comprendidas entre los paralelos 30° N y 30° S se desarrollarían los arrecifes de algas y arqueociatos, incluso según esta reconstrucción llegarían a alcanzar latitudes de 40° S. En las zonas próximas al ecuador, en la Plataforma de Siberia oriental, Arabia y Pakistán, se formarían grandes depósitos de evaporitas en extensos lagunes.

La situación del norte de Africa, tan próxima al polo Sur, parece incompatible con la existencia de arrecifes en el área de Marruecos, con latitudes que oscilarían entre los 50° y 75° S. TERMIER & TERMIER (1979) deducen la existencia de corrientes marinas calientes que favorecerían el desarrollo de estos arrecifes. La solución propuesta para este área en el esquema de JELL (1974), parece más compatible con los datos paleontológicos y sedimentológicos, ya que sitúa la región del Atlas próxima a la placa europea.

Las reconstrucciones paleogeográficas apoyadas en las faunas de arqueociatos no son muy frecuentes (ZHURAVLEVA, 1968; DEBRENNE & ROZANOV, 1983). Estos organismos epibentónicos, cuya dispersión se realizaría por medio de sus larvas, en muy pocos casos alcanzan una amplia dispersión geográfica; de más de 225 géneros definidos hoy en día, únicamente 23 son realmente cosmopolitas. El coeficiente de endemismo que relaciona los géneros endémicos con el número total de géneros existentes en la región es muy elevado para la provincia Australia-Antártida-Africa del Sur, con un 68 por 100 y un 85 por 100 para América del Norte.

Los datos biogeográficos que aportan otros grupos faunísticos como los trilobites, también son utilizados para elaborar reconstrucciones paleogeográficas del Cámbrico (JELL, 1974), y en algunos casos ocurre que la gran afinidad entre los trilobites de Siberia y América del Norte durante el Botomiense, no se corresponden con los datos biogeográficos suministrados por los arqueociatos; por tanto, los datos aportados por ambas faunas deben utilizarse de forma complementaria, aunque en nuestra opinión el mayor grado de endemismo que presentan los arqueociatos es más significativo a la hora de interpretar relaciones paleogeográficas.

En el Cámbrico Inferior del área de Córdoba podemos establecer una cierta similitud con algunas localidades de Marruecos, apoyándonos en datos tanto paleontológicos como sedimentológicos. En Jbel Taissa se dan una serie de características, como la distribución de litofacies, aportes de material terrígeno, desarrollo de bioconstrucciones compuestas fundamentalmente por colonias ramificadas de *Agastrocyathus* y restos de *Epiphyton*, todas ellas comunes a la localidad del Arroyo Pedroche. Cronoestratigráficamente, los afloramientos de Marruecos de edad Amouslekien, correspondiente al Atdabaniense, se situarían por encima de las Zonas I, II y III del Ovetiense de Córdoba, o quizá serían coetáneas parcialmente con la Zona III. Todos estos aspectos parecen apoyar la idea de la proximidad de la región del Atlas a la placa europea, durante el Atdabaniense.

La localidad de Alconera, de edad Marianiense, es coetánea a las áreas de Cerdeña y Marruecos, de edad Botomiense, y el conjunto de caracteres tanto paleontológicos como sedimentológicos nos inducen a pensar en una estrecha relación paleogeográfica entre estas áreas.

Para conocer las relaciones paleogeográficas posibles en función de los porcentajes de géneros comunes a diferentes áreas, hemos elaborado el cuadro 14, donde se reflejan el número total de géneros que existen en Alconera, Arroyo Pedroche y Cerro de Las Ermitas, y el número de géneros comunes correspondientes a las áreas geográficas diferenciadas por DEBRENNE & ROZANOV, 1983, en relación con nuestras localidades, tenien-

do en cuenta no sólo la existencia del mismo género en las áreas comparadas, sino que además aparezcan en el mismo período de tiempo.

Del análisis del cuadro podemos deducir que el porcentaje de géneros comunes entre Alconera y Altai-Sayan es el más elevado, 70 por 100, para luego pasar al 53 por 100 que existe entre las áreas de Marruecos, Francia e Italia, y un 47 por 100 y 41 por 100 en relación a Tuva-Baikal-Mongolia y Extremo Oriente, respectivamente; el resto de las áreas presentan valores comprendidos entre 35 por 100 y 18 por 100. Así, la interpretación de estos datos parece no contradecir la posible relación paleogeográfica entre Cerdeña, Marruecos y Alconera durante el Botomiense.

En Arroyo Pedroche y Las Ermitas los porcentajes más elevados de similitud se dan con las áreas de la Plataforma de Siberia y Altai-Sayan, entre el 65 por 100 y el 48 por 100, para luego pasar a 35 por 100 y 30 por 100 con Tuva-Baikal-Mongolia y Marruecos; en este caso, el área de Cerdeña y Francia presenta valores muy bajos, de un 15 por 100 a 9 por 100. Así, durante el inicio del Atdabaniense, la plataforma carbonatada terrígena del área de Córdoba podría estar relacionada con Marruecos.

El método de elaboración de los valores índices del cuadro 14 presenta importantes limitaciones. Ante todo el grado de conocimiento del registro fósil de las distintas regiones es diferente; por otra parte es necesario no olvidar nunca el diferente número de trabajos realizados en cada una de ellas a través del tiempo, y finalmente las posibles «convergencias morfológicas» que algunos especialistas están empezando a detectar y estudiar en los arqueociatos.

La conjunción de todos estos datos, contradictorios unos y esclarecedores otros, nos obliga por

	ALCONERA T 17		PEDROCHE T 27		ERMITAS T 23	
	C	%	C	%	C	%
Plataforma de Siberia	5	29%	14	52%	14	61%
Altai-Sayan	12	70%	13	48%	15	65%
Tuva-Baikal-Mongolia	8	47%	8	30%	8	35%
Extremo Oriente	7	41%	7	26%	7	30%
Kazajstán-Urales-Asia Central	3	18%	1	4%	1	4%
China	5	29%	1	4%	1	4%
Australia-Antártida-Africa del Sur	6	35%	-	-	-	-
América del Norte Occidental	4	23%	1	4%	-	-
América del Norte Oriental	-	-	-	-	-	-
Africa del Norte: Marruecos	9	53%	8	30%	8	36%
Francia, Italia	9	53%	4	15%	2	9%

Cuadro 14.—Porcentajes de géneros comunes existentes entre las diferentes áreas geográficas y cada una de las localidades estudiadas. T: núm. géneros total de la localidad. C: núm. géneros comunes con las áreas comparadas. %: porcentaje de géneros comunes.

el momento a ser muy cuidadosos y críticos a la hora de aceptar o proponer nuevos esquemas paleogeográficos para el Cámbrico, hasta que no dispongamos de datos más completos y precisos de los arqueociatos de la Península Ibérica y del área mediterránea.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo constituye una parte de un elaborado estudio sobre los montículos arrecifales de algas y arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena, presentado como Tesis Doctoral por la autora en la Universidad Complutense de Madrid, bajo la dirección del Dr. A. Perejón, al cual agradezco su ayuda inestimable. La elaboración del material fotográfico fue realizado por D. E. Martín y la mecanografía por D.<sup>a</sup> I. Corchón.

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN	PISO HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.	TOYON.
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T S-K		
	MARRUECOS	PISO				ASS	AMOUS	TI	TAG	
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO						OVIETIENSE	MARIAN	BILBIL.
	PERINSULA IBERICA	PISO ZONA								
	<i>Aldanocyathus</i>									
	<i>Urcyathus</i>									
	<i>Robustocyathus</i>									
	<i>Rotundocyathus</i>									

LEYENDA

- Plataforma de Siberia
- Altai - Sayan
- Tuva - Baikal - Mongolia
- Extremo Oriente
- Kazajstán - Urales - Asia Central
- China
- Australia - Antártida - Africa del Sur
- América del Norte Occidental
- América del Norte Oriental
- Africa del Norte : Marruecos
- Francia, Italia
- Cordillera Cantábrica
- Salamanca - Montes de Toledo
- Sierra Morena: Sector Olivenza -  
-Zafra - Hornachuelos
- Sierra Morena: Las Ermitas y  
Arroyo Pedroche

Cuadro 7.—Distribución estratigráfica de los géneros de arqueociatos de Alconera, y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN	PISO HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.	TOYON.
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T S-K		
	MARRUECOS	PISO				ASS	AMOUS	TI	TAG	
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO						OVIETIENSE	MARIAN	BILBIL.
	PERINSULA IBERICA	PISO ZONA								
	<i>Reticoscinus</i>									
	<i>Menneocyathus</i>									
	<i>Archaeopharetra</i>									
	<i>Dictyocyathus</i>									
	<i>Choubericyathus</i>									
	<i>Andalusicyathus</i>									
	<i>Protopharetra</i>									

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN	PISO HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.	TOYON.
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T S-K		
	MARRUECOS	PISO				ASS	AMOUS	TI	TAG	
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO						OVIETIENSE	MARIAN	BILBIL.
	PERINSULA IBERICA	PISO ZONA								
	<i>Inesocyathus</i>									
	<i>Alconocyathus</i>									
	<i>Rosetticyathus</i>									
	<i>Alyocyathus</i>									
	<i>Tayfocyathus</i>									
	<i>Coscinocyathus</i>									

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.						
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T	S-K	SASH	SOL	OBR			
			CORDUBIENSE			ASSI	AMOUS	OVETIENSE	MARIAN	BILBIL.					
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	PENINSULA IBERICA	PISO ZONA													
	<i>Tumuloecyathus</i>														
	<i>Capsuloecyathus</i>														
	<i>Dolicoecyathus</i>														
	<i>Aldanocyathus</i>														
	<i>Rebasococyathus</i>														

Cuadro 9.—Distribución estratigráfica de los géneros de arqueociatos del Arroyo Pedroche y las Canteras anexas, y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.						
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T	S-K	SASH	SOL	OBR			
			CORDUBIENSE			ASSI	AMOUS	OVETIENSE	MARIAN	BILBIL.					
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	PENINSULA IBERICA	PISO ZONA													
	<i>Aldanocyathus anabatensis</i>														
	<i>Ureocyathus aff. asteroides</i>														
	<i>Robustocyathus aff. eljizbici</i>														
	<i>Rotundocyathus salebrosus</i>														
	<i>Coscinoecyathus calathus</i>														
	<i>Coscinoecyathus dianthus</i>														
	<i>Coscinoecyathus diouisi</i>														
	<i>Coscinoecyathus maroccanus</i>														
	<i>Coscinoecyathus m. amaguhensis</i>														
	<i>Coscinoecyathus m. amouslebensis</i>														
	<i>Chouberkyathus clathatus</i>														
	<i>Andalusicyathus andalusicus</i>														

Cuadro 8.—Distribución estratigráfica de las especies de arqueociatos de Alconera, y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.						
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T	S-K	SASH	SOL	OBR			
			CORDUBIENSE			ASSI	AMOUS	OVETIENSE	MARIAN	BILBIL.					
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	PENINSULA IBERICA	PISO ZONA													
	<i>Gordonifungia</i>														
	<i>Tumuloecyathus</i>														
	<i>Tumuloifungia</i>														
	<i>Pretiosocyathus</i>														
	<i>Coscinoecyathus</i>														
	<i>Retecocinus</i>														

Sigue cuadro 9

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE	TOMMOT.			ATDABAN.			BOTOM.						
			SUN	KEN	BAZ	Inf.	Sup.	T	S-K	SASH	SOL	OBR			
			CORDUBIENSE			ASSI	AMOUS	OVETIENSE	MARIAN	BILBIL.					
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET	PISO				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	PENINSULA IBERICA	PISO ZONA													
	<i>Rotundocyathus</i>														
	<i>Sibirecyathus</i>														
	<i>Aficiacyathus</i>														
	<i>Taylorocyathus</i>														

Sigue cuadro 9

URSS	PLAT. DE SIBERIA	PISO HORIZONTE	TOMMOT.		ATDABAN.			BOTOM.			TOYON.	
			SUN	KEN	Inf.	Sup.	T	S-K	I	S-K		
ALTAI-SAYAN		HORIZONTE	BAZ	BAZ	BAZ	KAM	SANASH	SOL	OB	OB		
MARRUECOS		PISO	ASS	AMOUS	TI	TAJAG						
CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET		PISO	CORDUBIENSE		MARIAN BILBIL.							
PENINSULA IBERICA		ZONA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	<i>Axiobolungia</i>		∇	+++++								
	<i>Achacophanetra</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Dictyocyathus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Sponococcyathus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Protophanetra</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Agastrococcyathus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Pycnococcyathus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Andalusicoccyathus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Ficoidococcyathus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Pycnococcyathus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇

Sigue cuadro 9

Cuadro 10.—Distribución estratigráfica de las especies de arqueociatos del Arroyo Pedroche y las Canteras anexas, y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

URSS	PLAT. DE SIBERIA	PISO HORIZONTE	TOMMOT.		ATDABAN.			BOTOM.			TOYON.	
			SUN	KEN	Inf.	Sup.	T	S-K	I	S-K		
ALTAI-SAYAN		HORIZONTE	BAZ	BAZ	BAZ	KAM	SANASH	SOL	OB	OB		
MARRUECOS		PISO	ASS	AMOUS	TI	TAJAG						
CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET		PISO	CORDUBIENSE		MARIAN BILBIL.							
PENINSULA IBERICA		ZONA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	<i>Capsulococcyathus subcallosus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Aldanococcyathus tkatschenkoï</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Coscinooccyathus cf. elongatus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Coscinooccyathus kojkonï</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Dictyococcyathus tuvaensis</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Protophanetra bougini</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Andalusicoccyathus andalusicus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Aldanococcyathus arababensis</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Rotundococcyathus cf. salebrosus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Sibiricoccyathus septodivengens</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Gordonifungia batinensis</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Dictyococcyathus dissimilis</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Dictyococcyathus salazicus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇

URSS	PLAT. DE SIBERIA	PISO HORIZONTE	TOMMOT.		ATDABAN.			BOTOM.			TOYON.	
			SUN	KEN	Inf.	Sup.	T	S-K	I	S-K		
ALTAI-SAYAN		HORIZONTE	BAZ	BAZ	BAZ	KAM	SANASH	SOL	OB	OB		
MARRUECOS		PISO	ASS	AMOUS	TI	TAJAG						
CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET		PISO	CORDUBIENSE		MARIAN BILBIL.							
PENINSULA IBERICA		ZONA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	<i>Dictyococcyathus salazicus</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Protophanetra bigoti</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Protophanetra grandicaveata</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Protophanetra polymorpha</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Agastrococcyathus cheuberti</i>		∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇	∇∇∇∇
	<i>Sibiricoccyathus dissimilis</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Tomalococcyathus cf. decoratus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Tomalococcyathus aff. galanus</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇
	<i>Dictyococcyathus gannonisii</i>		∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇	∇∇

Sigue cuadro 10

Sigue cuadro 10



URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE PISO	TOMMOT.				ATDABAN.				BOTOM. T S-K SAMASH SOL OBR	TOYON.	
			SUN	KEN	BAZ	ASS	Inf.	Sup.	BAZ	ASS			
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET												
	PENINSULA IBERICA												
	<i>Tumuloecyathus aff. masatovi</i>												
	<i>Dictyoecyathus skapatov</i>												
	<i>Archaeocyanthus polarens</i>												
	<i>Aldanoecyathus anabarenensis</i>												
	<i>Aldanoecyathus sunnaginicus</i>												
	<i>Aldanoecyathus thatschenboi</i>												
	<i>Loculicyathus cf. zolaensis</i>												
	<i>Dictyoecyathus dissimilis</i>												
	<i>Dictyoecyathus tuvaensis</i>												
	<i>Protopharetta aff. circeula</i>												
	<i>Protopharetta polymorpha</i>												
	<i>Andalucicyathus andalusicus</i>												

Cuadro 12.—Distribución estratigráfica de las especies de arqueociatos del Cerro de Las Ermitas, y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

URSS	PLAT. DE SIBERIA ALTAI-SAYAN MARRUECOS	PISO HORIZONTE HORIZONTE PISO	TOMMOT.				ATDABAN.				BOTOM. T S-K SAMASH SOL OBR	TOYON.	
			SUN	KEN	BAZ	ASS	Inf.	Sup.	BAZ	ASS			
	CERDEÑA/M. NEGRA Y CARTERET												
	PENINSULA IBERICA												
	<i>Coscinocyathus cf. deserti</i>												
	<i>Aldanoecyathus anabarenensis</i>												
	<i>Aldanoecyathus thatschenboi</i>												
	<i>Aldanoecyathus cf. sunnaginicus</i>												
	<i>Loculicyathus cf. zolaensis</i>												
	<i>Robustocyanthus castellanensis</i>												
	<i>Robustocyanthus sp. 1</i>												
	<i>Robustocyanthus sp. 2</i>												
	<i>Rotundocyanthus sazebrusos</i>												
	<i>Rasetticyanthus alconexi</i>												
	<i>Alconocyanthus melendezi</i>												
	<i>Coscinocyathus badajocensis</i>												
	<i>Coscinocyathus segedanensis</i>												
	<i>Coscinocyathus zagrensis</i>												
	<i>Coscinocyathus cf. dianthus</i>												
	<i>Coscinocyathus cf. diourii</i>												

Cuadro 13.—Distribución estratigráfica de las especies de arqueociatos descritos en este trabajo y su distribución en otras áreas geográficas (según diversos autores).

## BIBLIOGRAFIA

- BALSAM, W. L. & VOGEL, S. (1973): *Water movement in Archaeocyathids: Evidence and implications of passive flow in models*. J. Paleont., 47 (5), 979-984.
- BEDFORD, R. & BEDFORD, W. R. (1936 a): *Further notes on Archaeocyathi (Cyathospongia) and other organisms from the Lower Cambrian of Beltana, South Australia*. Mem. Kyancutta Mus., 2, 9-20.
- BEDFORD, R. & BEDFORD, J. (1936 b): *Further notes on Cyathospongia (Archaeocyathi) and other organisms from the Lower Cambrian of Beltana, South Australia*. Mem. Kyancutta Mus., 3, 21-26.
- BEDFORD, R. & BEDFORD, J. (1937): *Further notes on Archaeos (Pleospongia) from the Lower Cambrian of South Australia*. Mem. Kyancutta Mus., 4, 27-38.
- BEDFORD, R. & BEDFORD, J. (1939): *Development and classification of Archaeos (Pleospongia)*. Mem. Kyancutta Mus., 6, 67-82.
- BELJAEVA, G. V.; LUCHININA, V. A.; NAZAROV, B. B.; REPI-NA, L. N. & SOBOLEV, L. P. (1975): *Fauna y Flora del Cámbrico de la Cordillera Dzhagdy (Extremo Oriente)*. Trudy Inst. Geol. Akad. Nauk SSSR Otdel Sib., 226, 1-207 (en ruso).
- BORNEMANN, J. G. (1884 a): *Über cambrische Fossilien von der Insel Sardinien*. Z. Dt. Geol. Ges., 36 (3), 339-404.
- BORNEMANN, J. G. (1884 b): *Bericht über die Fortsetzung seiner Untersuchungen cambrischer «Archaeocyathus» — Formen und verwandter Organismen von der Insel Sardinien*. Z. Dt. Geol. Ges., 36 (3), 702-706.
- BORNEMANN, J. G. (1887): *Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien (1.ª parte)*. Nova Acta Kais. Leop. Carol. Deut. Akad. Natur., 51, 1-147.
- BORNEMANN, J. G. (1891): *Die Versteinerungen des Cambrischen Schichtensystems der Insel Sardinien (2.ª parte)*. Nova Acta Kais. Leop. Carol. Deut. Akad. Natur., 56, 427-528.
- COURJAUULT-RADE, P. & GANDIN, A. (1984): *Sedimentary evolution of the Cambrian sequences in Montagne Noire (France) and Sardinia (Italy): first tentative correlation*. I. A. S. 5 th Eur. Reg. Mtg. Marseille, abstr., 124-125.
- DATZENKO, V. A. (edit.) (1968): *Bioestratigrafía y fauna del Noroeste de la Plataforma de Siberia*. Trudy Nauchno Iss. Inst. Geol. Arkt., 155, 1-213 (en ruso).
- DEBRENNE, F. (1958): *Sur les Archaeocyatha du Cambrien de Carteret (Manche)*. Bull. Soc. Geol. France, 6.ª Sér., 8, 615-620.
- DEBRENNE, F. (1959 a): *Sur les calcaires à Archaeocyatha du Cambrien sarde*. C. R. Seanc. Acad. Sc. Paris, 248, 1367-1370.
- DEBRENNE, F. (1959 b): *Archaeocyatha des lentilles calcaires de Tazemmourt (Anti Atlas)*. Not. Mem. Serv. Geol. Maroc, 18 (147), 7-36.
- DEBRENNE, F. (1961): *Nouvelles données sur la faune d'Archaeocyatha du Jbel Taïsa (Anti Atlas occidental)*. Not. Mem. Serv. Geol. Maroc, 20 (152), 7-37.
- DEBRENNE, F. (1964): *Archaeocyatha. Contribution à l'étude des faunes cambriennes du Maroc, de Sardaigne et de France*. Not. Mem. Serv. Geol. Maroc, 179, 1-371.
- DEBRENNE, F. (1970 a): *«Coscinocyathus» Bornemann 1884 (Archaeocyatha). Proposed designation of a type-species under the plenary power*. Z. N. (S) 1924. Bull. Zool. Nomencl., 27, 207-208.
- DEBRENNE, F. (1970 b): *A revision of Australian genera of Archaeocyatha*. Royal Soc. S. Australia Trans., 94, 21-49.
- DEBRENNE, F. (1971): *Nouvelles données sur la faune d'Archaeocyathes de Sardaigne*. C. R. somm. Soc. Geol. France, 3, 193-194.
- DEBRENNE, F. (1972): *Nouvelle faune d'Archaeocyathes de Sardaigne*. Ann. Paleont., 58, 12-22.
- DEBRENNE, F. (1975): *Formations organogènes du Cambrien Inférieur du Maroc, en «Cnidarios fósiles»*. Tomo II. Trudy Inst. Geol. Akad. Nauk. SSSR Otdel. Sib., 202, 19-24 (en ruso).
- DEBRENNE, F. (1977): *Archaeocyathes du Jbel Irhoud (Jebilet-Maroc)*. Bull. Soc. Geol. Min. Bretagne (1975), Ser. C 7 (2), 93-136.
- DEBRENNE, F. (1984): *La genre chez les Archéocyathes au Cambrien inférieur*. Bull. Soc. Geol. France, Ser. 7, 26 (4), 609-619.
- DEBRENNE, F. & COURJAUULT-RADE, P. (1986): *Découverte de faunules d'Archéocyathes dans l'Est des mont de Lacaine, flanc nord de la Montagne Noire. Implications biostratigraphiques*. Bull. Sec. Geol. France, Ser. 8, 2, 285-292.
- DEBRENNE, F. & DEBRENNE, M. (1978): *Archaeocyathid fauna of the lowest fossiliferous levels of Tiout (Lower Cambrian, Southern Morocco)*. Geol. Mag. 115 (2), 101-119.
- DEBRENNE, F. & GANDIN, A. (1985): *La formation de Gonnesa (Cambrien, SW Sardaigne): biostratigraphie, paléogéographie, paléoécologie des Archeocyathes*. Bull. Soc. Geol. France, Sér. 8, 1 (4), 531-540.
- DEBRENNE, F.; GANDIN, A. & SIMONE, L. (1979): *Studio sedimentologico comparato di tre «lenti» calcaree ad archeociati dell'Iglesiente e Sulcis (Sardegna sud-occidentale)*. Mem. Soc. Geol. It., 20, 379-393.
- DEBRENNE, F. & ROZANOV, A. YU (1974): *Mennericyathus, a new Tomocyathus-like Archaeocyathid*. J. Paleont., 48 (3), 607-608.
- DEBRENNE, F. & ROZANOV, A. YU (1983): *Paleogeographic and stratigraphic distribution of Regular Archaeocyatha (Lower Cambrian Fossils)*, Geobios, 16 (6), 727-736.

- DEBRENNE, F.; ROZANOV, A. YU & WEBERS, G. F. (1984): *Upper Cambrian Archaeocyatha from Antarctica*. Geol. Mag., 121 (4), 291-299.
- DEBRENNE, F. & VACELET, J. (1984): *Archaeocyatha: Is the Sponge Model consistent with their structural organization?*, Paleont. Amer., 54, 358-369.
- DEBRENNE, F. & VORONIN, YU. V. (1971): *Significado de la porosidad de los septos para la sistemática de los Ajacicyathidae*. Akad. Nauk. SSSR Pal. Zhur. Izdat, 3, 26-31 (en ruso).
- FISHER, D. S. & NITECKI, M. H. (1982): *Problems in the analysis of Receptaculitid affinities*. Third North American Paleontology Convention Proceeding, 1, 181-186.
- GANDIN, A. & DEBRENNE, F. (1984a): *Paleoenvironmental features and paleoecology of the Lower Cambrian of Sardinia (Italy)*. I. A. S. 5th Eur. Reg. Mtg. Marseille, abstr., 183-184.
- GANDIN, A. & DEBRENNE, F. (1984b): *Lower Cambrian bioconstructions in Southwestern Sardinia (Italy)*. Geobios, Mém. spécial, 8, 231-240.
- GORDON, W. T. (1920): *Cambrian organic remains from a dredging in the Weddel sea*. Scottish Nat. Antarct. Exp. 1902-1904. Trans. Roy. Soc. Edimburgo, 52, 681-714.
- GRAVESTOCK, D. I. (1984): *Archaeocyatha from lower parts of the Lower Cambrian carbonate sequence in South Australia*. Mem. Ass. Australas. Palaeontol., 2, 1-139.
- HANDFIELD, R. C. (1971): *Archaeocyatha from the Mackenzie and Cassiar Mountains Northwest Territories, Yukon territory and British Columbia*. Geol. Surv. Canada, 201, 1-119.
- HILL, D. (1965): *Archaeocyatha from Antarctica and a review of the phylum*. Trans-Antarctic Exped. 1955-1958, Sci. Rept. 10 (Geol. núm. 3), 1-151.
- HILL, D. (1972): *Archaeocyatha*. TEICHERT, C. (Ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology. The University of Kansas and the Geological Society of America Inc. Part. E, 1 (of 2), 2.ª edic., XXX+158.
- HUPE, P. (1960): *Sur le Cambrien inférieur du Maroc*. 21 st. Inter. Geol. Congress. Copenhagen, 8, 75-85.
- JELL, P. A. (1974): *Faunal Provinces and possible planetary reconstruction of the Middle Cambrian*. J. Geol., 82, 319-350.
- KORSHUNOV, V. I. (1972): *Biostratigrafía y Arqueociatos del Cámbrico Inferior del Noreste del anticlinal del río Aldan*. Akad. Nauk SSSR Yakutia Fil. Sib. Otd. Inst. Geol., 1-127 (en ruso).
- KRASNOPEEVA, P. S. (1937): *Algas y Arqueociatos de la Formación Eldest de la región Potekheen en Khakasia*. Mater. geol. Krasnoy. Kraga, Zapad-Sib. Geol. Tresta, 3, 1-50 (en ruso).
- KRASNOPEEVA, P. S. (1955): *Phyllum Archaeocyatha, Arqueociatos*. En L. L. KHALFIN, edit.: Atlas de las formas fósiles características de la fauna y flora de Siberia occidental. Edic. Est. Cientif. Técn. Lit. Geol. Prof. Sub., 1, 74-102 (en ruso).
- LIÑAN, E. (1974): *Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba*. Act. Geol. Hispánica, 9 (1), 15-20.
- LOTZE, F. & SÖZUY, K. (1961): *Das Kambrium Spanien*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Math. Naturwiss. Kl., 6, 7, 8, 285-694.
- MASLOV, A. B. (1957): *Un caso de parasitismo facultativo de los Arqueociatos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 122 (4), 699-701 (en ruso).
- MORENO-EIRIS, E. (1987a): *Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. I: Estratigrafía y Facies*. Bol. Geol. Min. España, 98 (3), 295-317.
- MORENO-EIRIS, E. (1987b): *Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. III: Microfacies y Diagénesis*. Bol. Geol. Min. España, 98 (4), 449-459.
- OKULITCH, V. J. (1935): *Cyathospongia. A New Class of Porifera to include the Archaeocyathinae*. Trans. R. Soc. Canadá, ser. 3, sec. 4, 29, 75-106.
- OKULITCH, V. J. (1943): *North american Pleospongia*. Geol. Soc. Amer. Spec. pap., 48, 1-128.
- OKULITCH, V. J. (1954): *Archaeocyatha from the Lower Cambrian of Inyo County, California*. J. Paleont., 28, 293-296.
- OKULITCH, V. J. (1955): *Archaeocyatha*. In: Archaeocyatha and Porifera. MOORE, R. C. (edit.). Treatise on Invertebrate Paleontology. Geol. Soc. Amer. & Univ. Kansas Press. E: 1-20.
- OKUNEVA, O. G. (1976): *Biostratigrafía de las rocas cámbricas de la región minera de Voznesensk (Primorie)*, en ZHURAVLEVA, I. T. (edit.), «Estratigrafía y paleontología del Cámbrico Inferior y Medio de la URSS». Akad. Nauk. SSSR, Siber. Trudy. Inst. Geol. Geof., 296, 144-148 (en ruso).
- OKUNEVA, O. G. & REPINA, L. N. (1973): *Biostratigrafía y Fauna del Cámbrico de Primorie*. Akad. Nauk. SSSR, Siber. Trudy Inst. Geol. Geof., 37, 1-284 (en ruso).
- OSADCHAJA, D. V.; KASHINA, L. N.; ZHURAVLEVA, I. T.; BORODINA, N. P. & BOJARINOV, A. S. (1979): *Estratigrafía y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de la región plegada de Altai-Sayan*. Akad. Nauk. SSSR, Siber. Trudy Inst. Geol. Geof., 1-216 (en ruso).
- PEREJÓN, A. (1973): *Contribución al conocimiento de los Arqueociátidos de los yacimientos de Alconera (Badajoz)*. Estudios geol., 29 (2), 179-199.
- PEREJÓN, A. (1975a): *Arqueociatos de los subórdenes Monocyathina y Dokidocyathina*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 73, 125-145.

- PEREJÓN, A. (1975b): *Arqueociatos Regulares del Cámbrico Inferior de Sierra Morena (SW de España)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 73, 147-193.
- PEREJÓN, A. (1975c): *Nuevas faunas de Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena (I)*. Tecniterrae, 8, 8-29.
- PEREJÓN, A. (1976a): *Nuevas faunas de Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena (II)*. Tecniterrae, 9, 7-24.
- PEREJÓN, A. (1976b): *Nuevos datos sobre los Arqueociatos de Sierra Morena*. Estudios geol., 32, 5-33.
- PEREJÓN, A. (1977): *Arqueociatos con túmulos en el Cámbrico Inferior de Córdoba (Sierra Morena oriental)*. Estudios geol., 33, 545-555.
- PEREJÓN, A. (1986): *Bioestratigrafía de los Arqueociatos en España*. Cuadernos Geol. Ibérica, 9 (1984), 213-266.
- PEREJÓN, A. & MORENO, E. (1978): *Nuevos datos sobre la fauna de Arqueociatos y las facies carbonatadas de la serie de Los Campillos (Urda, Montes de Toledo orientales)*. Estudios geol., 34 (4), 193-204.
- POSPELOV, A. G. & ROMANENGO, E. V. (1980): *Fauna del Cámbrico Inferior antiguo en Altai y Kuznetsk Alatau*. En «Depósitos del Cámbrico de la región de Altai-Sayan», I. T. ZHURAVLEVA (edit.). Trudy Inst. Geol. Geof. Akad. Nauk. SSSR Otdel. Sib., 58-82 (en ruso).
- REPINA, L. M.; KHOMENTOVSKY, V. V.; ZHURAVLEVA, I. T. & ROZANOV, A. YU. (1964): *Biostratigrafía del Cámbrico Inferior de la región plegada de Altai Sayan*. Trudy Inst. Geol. Geof. Akad. Nauk. SSSR Otdel. Sib., 1-364 (en ruso).
- REPINA, L. N.; LAZARENKO, N. P.; MESHKOVA, N. P.; KORSHUNOV, V. I.; NIKIPHOROV, N. I. & AKSARINA, N. A. (1974): *Biostratigrafía y fauna del Cámbrico Inferior de Charaulach*. Trudy Inst. Geol. Geof. Akad. Nauk. SSSR Otdel. Sib., 235, 1-299 (en ruso).
- ROZANOV, A. YU. (1969): *Algunos problemas de la sistemática de los Arqueociatos*, en Bioestratigrafía y Paleontología del Cámbrico Inferior de Siberia y Extremo Oriente. I. T. ZHURAVLEVA, Edit. Akad. Nauk. SSSR Sib. Otdel. Inst. Geol. Geof., 106-113 (en ruso).
- ROZANOV, A. YU. (1973): *Regularidades en la evolución morfológica de los Arqueociatos regulares y los problemas de la división en edades del Cámbrico Inferior*. Trudy Inst. Geol., 241, 1-164 (en ruso).
- ROZANOV, A. YU. & DEBRENNE, F. (1974): *Age of Archaeocyathid assemblages*. Amer. J. Sci., 274, 833-848.
- ROZANOV, A. YU. & MISSARZHESKY, V. V. (1966): *Biostratigrafía y fauna de los horizontes del Cámbrico Inferior*. Akad. Nauk. SSSR Geol. Inst., 148, 1-126 (en ruso).
- ROZANOV, A. YU., MISSARZHESKY, V. V. et al. (1969): *La edad del Tommoto y el problema del límite inferior del Cámbrico*. Trudy Inst. Geol. Akad. Nauk. SSSR, 206, 1-380 (en ruso).
- SCOTSESE, C. R.; BAMBACH, R. K.; BARTON, C.; VAN DER VOO, R. & ZIEGLER, A. M. (1979): *Paleozoic base maps*. J. Geol., 87, 217-277.
- SDZUY, K. (1971): *Acerca de la correlación del Cámbrico Inferior en la Península Ibérica*. I Cong. Hisp-Luso-Amer., Geol. Econo., 1, Geol., AL-1-1, 753-756.
- SEYFERT, C. K. & SIRKIN, L. A. (1979): *Earth History and Plate Tectonics. An Introduction to Historical Geology*. Harper & Row, Publ., 1-600.
- SIMON, W. (1939): *Archaeocyathacea: I. Kritische Sichtung der Superfamilie II. Die Fauna im Kambrium der Sierra Morena (Spanien)*. Abh. Senck. Nat. Ges., 448, 1-87.
- TAYLOR, T. G. (1910): *The Archaeocyathinae from the Cambrian of South Australia*. Mem. Royal Soc. S. Australia, 2 (2), 1-188.
- TERMIER, H. & TERMIER, G. (1950): *Paléontologie marocaine. Invertébrés de l'Ere Primaire. I. Foraminifères, Spongiaires et Celenteres*. Not. Mem. Ser. Min. Carte Geol. Maroc, 73, 3-218.
- TERMIER, H. & TERMIER, G. (1979): *Histoire de la Terre*. Press Univer. France, 1-430.
- TOLL, E. (1899): *Beiträge zur Kenntniss Sibirischen Cambrium*. Mem. Acad. Imp. Sc. de St. Petersburg, 8 (10), 1-57.
- VOLOGDIN, A. G. (1931): *Arqueociatos de Siberia: 1.ª Parte*. Edic. Geol. Direcc. Princ. Prosp. Geol., 1-119 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1932): *Arqueociatos de Siberia: 2.ª Parte*. Edic. Geol. Direcc. Princ. Prosp. Geol., 1-106 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1937): *Los Arqueociatos y las Algas de la vertiente sur del macizo de Anabar*. Trudy. Inst. Arkt. Leningr., 91, 9-46 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1939): *Los Arqueociatos y las Algas del Cámbrico Medio del sur del Ural*. Probl. Paleont., 5, 209-276 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1940a): *Arqueociatos y Algas de las calizas cámbricas de Mongolia y Tuva. 1.ª Parte*. Trudy Mong. Komis. Akad. Nauk. SSSR, 24, 1-268 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1940b): *Arqueociatos*. En Atlas de las formas características de las faunas fósiles de Rusia. 1. Cámbrico. Edic. Geol. Direcc. Princ. Prosp. Geol., 1-193 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1956a): *Los Arqueociatos más antiguos de la vertiente oriental de la cadena montañosa de Yenisei*. Dokl. Akad. Nauka SSSR, 110 (6), 1085-1088 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1956b): *Significado estratigráfico de los Arqueociatos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 111, 185-187 (en ruso).

- VOLOGDIN, A. G. (1956c): *Clasificación de los Arqueociatos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 111 (4), 877-880 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1957a): *Estructura del órgano interno de los Arqueociatos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 114 (5), 1105-1108 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1957b): *Sobre algunas especies de Arqueociatos plantónicos y bentónicos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 116 (3), 493-496 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1957c): *Ontogénesis de los Arqueociatos*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 117 (4), 697-700 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1960): *Clasificación des Archaeocyathes*. Mémoire originel, 1-76 (en ruso) (Trad. S. I. G. 2605, 1-80).
- VOLOGDIN, A. G. (1962): *Arqueociatos y Algas cámbricos de la región de Baikal*. Trudy. Inst. Paleont. Akad. Nauk. SSSR, 93, 3-116 (en ruso).
- VOLOGDIN, A. G. (1963): *Arqueociatos del Mesocámbrico Superior de la cuenca del río Amga (Plataforma de Siberia)*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 151 (4), 946-949 (en ruso).
- VORONIN, YU. I. (1964): *Arqueociatos con septos del Cámbrico de la provincia de Chita*. Zhurn. Paleont. SSSR, 2, 11-21 (en ruso).
- VORONIN, YU. I. (1974): *Sistemática de la familia Ajacyathidae* BEDFORD, R. y J., 1939, en ZHURAVLEVA, I. T., y ROZANOV, A. YU. (edit.). Biostratigrafía y paleontología del Cámbrico Inferior de Europa y el norte de Asia. Trudy Inst. Geol. Geof. Akad. Nauk. SSSR, Otdel. Sib., 124-137 (en ruso).
- VORONIN, YU. I. (1979): *Arqueociatos de la Unión Soviética*. Nauka, 176, 1-148 (en ruso).
- ZAMARREÑO, I. & PEREJÓN, A. (1976): *El nivel carbonatado del Cámbrico de Piedrafita (zona asturoccidental-leonesa, NW de España): tipos de facies y faunas de Arqueociatos*. Brev. geol. Astúrica, 20 (2), 17-32.
- ZHURAVLEVA, I. T. (1955a): *Arqueociatos del Cámbrico de la vertiente Este de Kuznetsk Alatau*. Trudy Inst. Paleont. Akad. Nauk. SSSR, 56, 5-56 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. (1955b): *Contribución al conocimiento de los Arqueociatos de Siberia*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 104 (4), 625-630 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. (1960): *Los Arqueociatos de la Plataforma de Siberia*. Akad. Nauk. SSSR, 1-344 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. (1972): *Early cambrian biogeography and geochronology according to the Archaeocyathi*. Proc. Intern. Paleont. Un. Inter. Geol. Congress 23 sesión Checoslovaquia 1968. Warszawa, Wydawn geol., 2-5, 361-374.
- ZHURAVLEVA, I. T. & ELKINA, V. N. (1974): *Arqueociatos de Siberia. Arqueociatos Ethmophyloides*. Trudy Inst. Geol. Geof. Akad. Nauk. SSSR, Otdel. Sib., 230, 1-166 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. & KORSHUNOV, V. I. (1976): *Horizonte Keniada*. En: ZHURAVLEVA, I. T. (Edit.), Estratigrafía y paleontología del Cámbrico Inferior y Medio de la URSS. Trudy Inst. Geol. Akad. Nauk. SSSR Otdel. Sib., 296, 32-49 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T.; KORSHUNOV, V. I. & ROZANOV, A. YU. (1969): *Sección del estratotipo de la Edad de Atdaban basada en los Arqueociatos*. En: I. T. ZHURAVLEVA (edit.), Biostratigrafía y Paleontología del Cámbrico Inferior de Siberia y Extremo Oriente. Nauka, 5-59 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T.; KRASNOPEEVA, P. S. & CHERNYSHEVA, S. V. (1960): *Phyllum Archaeocyatha: Arqueociatos*. En: L. L. KHALFIN (edit.): Bioestratigrafía del paleozoico de la región montañosa de Altai-Sayan. Trudy Sibir. Nauchno-Issl. Inst. Geol. Geof. Min. Syrge, 19, 97-140 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. & MIAGKOVA, E. I. (1972): *Archaeata. Nuevo grupo de organismos paleozoicos*. Mezhd. Geol. Kongr. 25 Ses. Dokl. Sov. Geol. Probl. 7 Palaont., 7-14 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T. & MIAGKOVA, E. I. (1980): *Clasificación comparativa de los edificios biogénicos actuales y fósiles*. En: SOKOLOV (ed.): Paleontología. Estratigrafía. Akad. Nauk. SSSR Min. Geol., 34-42 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T.; REPINA, L. N.; YASKOVICH, B. V.; JAI-RULLINA, T. I.; PONUKLENKO, I. A. & LUCHININA, V. A. (1970): *Primeros datos del Cámbrico del sur de Tian-Shanya*. Tre. Tashkengeologia komp. geol. pois. zkspp., 1-53 (en ruso).
- ZHURAVLEVA, I. T.; ZADOROZHNAJA, N. M.; OSADCHAJA, D. V.; POKROVSKAJA, N. V.; RODIONOVA, N. M. & FONIN, V. D. (1967): *Fauna del Cámbrico Inferior de Tuva*. Akad. Nauk. SSSR, Sibir., Trudy Inst. Geol. Geof., 1-175 (en ruso).
- ZIEGLER, B. & RIETSCHER, S. (1970): *Phylogenetic relationships of fossil calcisponges*. En: W. C. FRY (edit.): The Biology of the Porifera. Symp. Zool. Soc. Londres, 25, 23-40.

GEOLOGIA

# La Caliza Urbana (Ordovícico Superior) y sus tramos volcanoclásticos en el subsuelo del norte de El Centenillo (Jaén)

Por A. PINEDA VELASCO (\*)

RESUMEN

La Caliza Urbana (Ashgill) atravesada por cuatro sondeos mineros realizados 2 km. al norte de El Centenillo (Jaén), alcanza 72 m. de potencia (una de las mayores conocidas en la región); presenta diversas facies (principalmente dolomías grises y «cebradas», en su parte superior, y margas verdosas con briozoos) y mineralizaciones de Zn-Ba (que serán objeto de un próximo artículo); en su parte baja intercala una sucesión de tramos volcanoclásticos de 46 m. de espesor máximo. Se describen las sucesiones estratigráficas y facies, sugiriéndose una distribución paleogeográfica controlada por fracturas activas durante la sedimentación.

RESUME

Le Calcaire Urbana (Ashgill) recoupé par 4 sondages miniers réalisés 2 km. au nord du Centenillo (Sierra Morena Orientale, prov. Jaén) a jusqu'à 72 m. de puissance (une des plus grandes connues de la région); il présente des faciès divers (principalement des dolomies grises et «zebrées», dans sa partie supérieure, et des marnes verdâtres a bryozoaires) et des minéralisations à Zn-Ba (qui feront l'objet d'un prochain article); une succession de niveaux volcanoclastiques, de 46 m. de puissance maximale, s'intercale dans sa partie basse. Se décrivent ici les successions stratigraphiques et les faciès, en suggérant une distribution paléogéographique contrôlée par des fractures actives pendant la sédimentation.

INTRODUCCION

La Caliza Urbana, formación discontinua de denominación informal, toma su nombre del pozo minero «Urbana» (HENKE, 1926), situado 6 km. al noroeste de La Carolina (Jaén), en Sierra Morena Oriental.

El presente trabajo describe la estratigrafía y facies de esta formación, así como sus tramos volcánicos de base, en el subsuelo de una localidad en que no se conocía su existencia, aun a pesar de aflorar su isocrona extensamente y haber importantes explotaciones mineras subterráneas (ver TAMAIN et al., 1970; TAMAIN, 1972). Los datos fueron obtenidos durante una campaña de sondeos realizada por la S. M. M. Peñarroya-España 2 km. al norte y noroeste de El Centenillo (Jaén) en los años 1976-77, y someramente citados en una publicación anterior (JACQUIN y PINEDA, 1980).

LA CALIZA URBANA EN SIERRA MORENA ORIENTAL

Sierra Morena Oriental (norte de la provincia de Jaén y sur y sureste de la de Ciudad Real) constituye el extremo suroriental de la Zona Lusitano oriental-Alcúdice (LOTZE, 1945) del Macizo Ibérico (fig. 1). Estratigráficamente comprende un Ordovícico (2.000-2.200 m. pot.) discordante sobre el «Alcudiense» (Precámbrico Superior) y constituido por diversas formaciones pizarrosas y cuarcíticas, individualizándose a veces el único tramo carbonatado (Caliza Urbana) entre las alternancias pizarroso-cuarcíticas (Bancos Mixtos) del Caradoc y las pizarras satinadas (Pizarra Chavera) del Ordovícico terminal; siguen las cuarcitas (Cuarcitas Superiores) y ampelitas del Silúrico y luego, sobre todo, el Carbonífero Inferior en facies Culm (TAMAIN et al., 1970; TAMAIN, 1972). La tectónica hercínica es de edad Carbonífero Superior; una primera fase genera pliegues de orden hectométrico, similares (que pueden

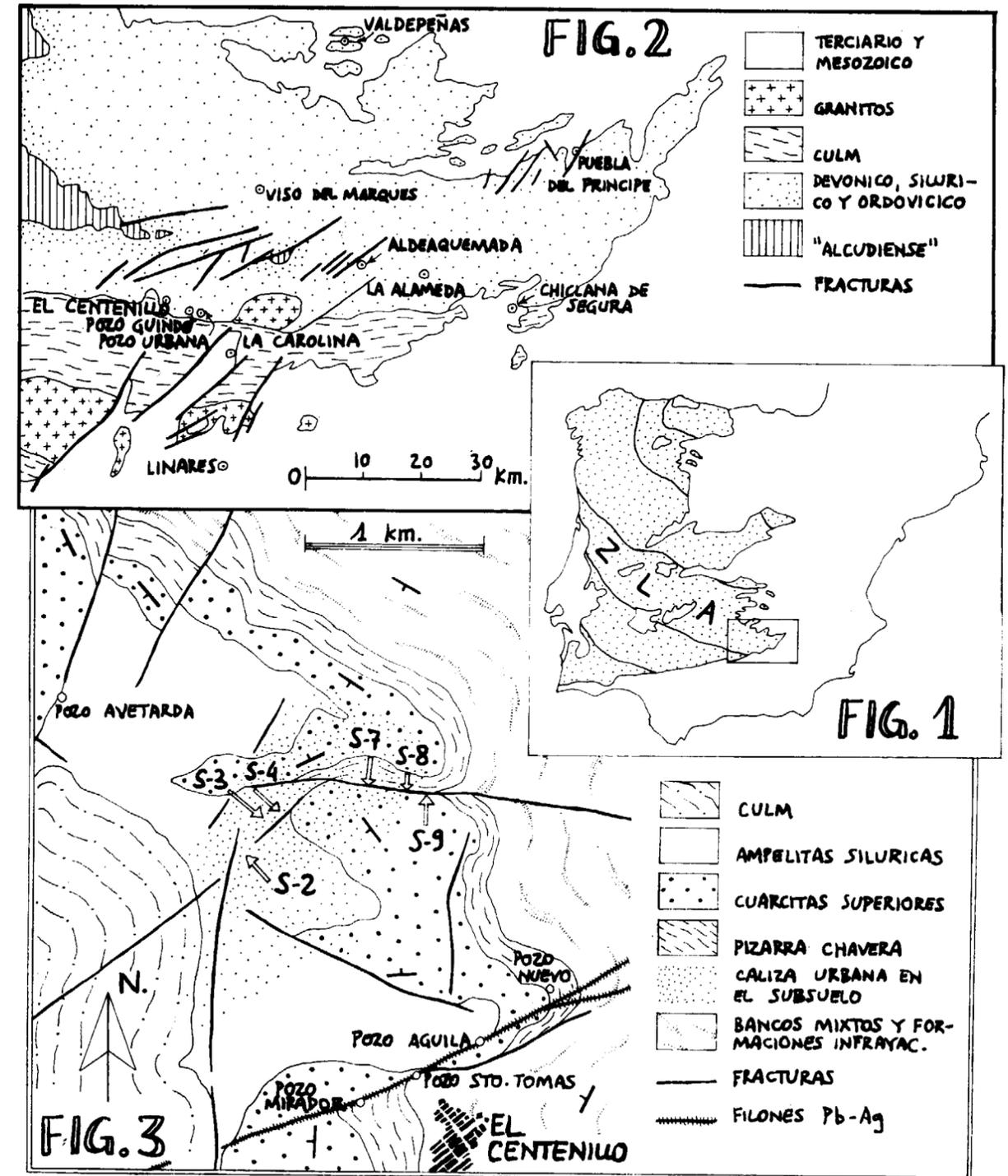


Figura 1.—Situación de Sierra Morena Oriental (recuadrada) en el Macizo Ibérico (punteado) (ZLA=Zona Lusitano oriental-Alcúdice).

Figura 2.—Esquema geológico de Sierra Morena Oriental y situación de las localidades citadas en el texto.

Figura 3.—Localización de los sondeos en el contexto geológico de El Centenillo.

(\*) Geólogo Consultor. Miró, 12. 28933 Móstoles (Madrid).

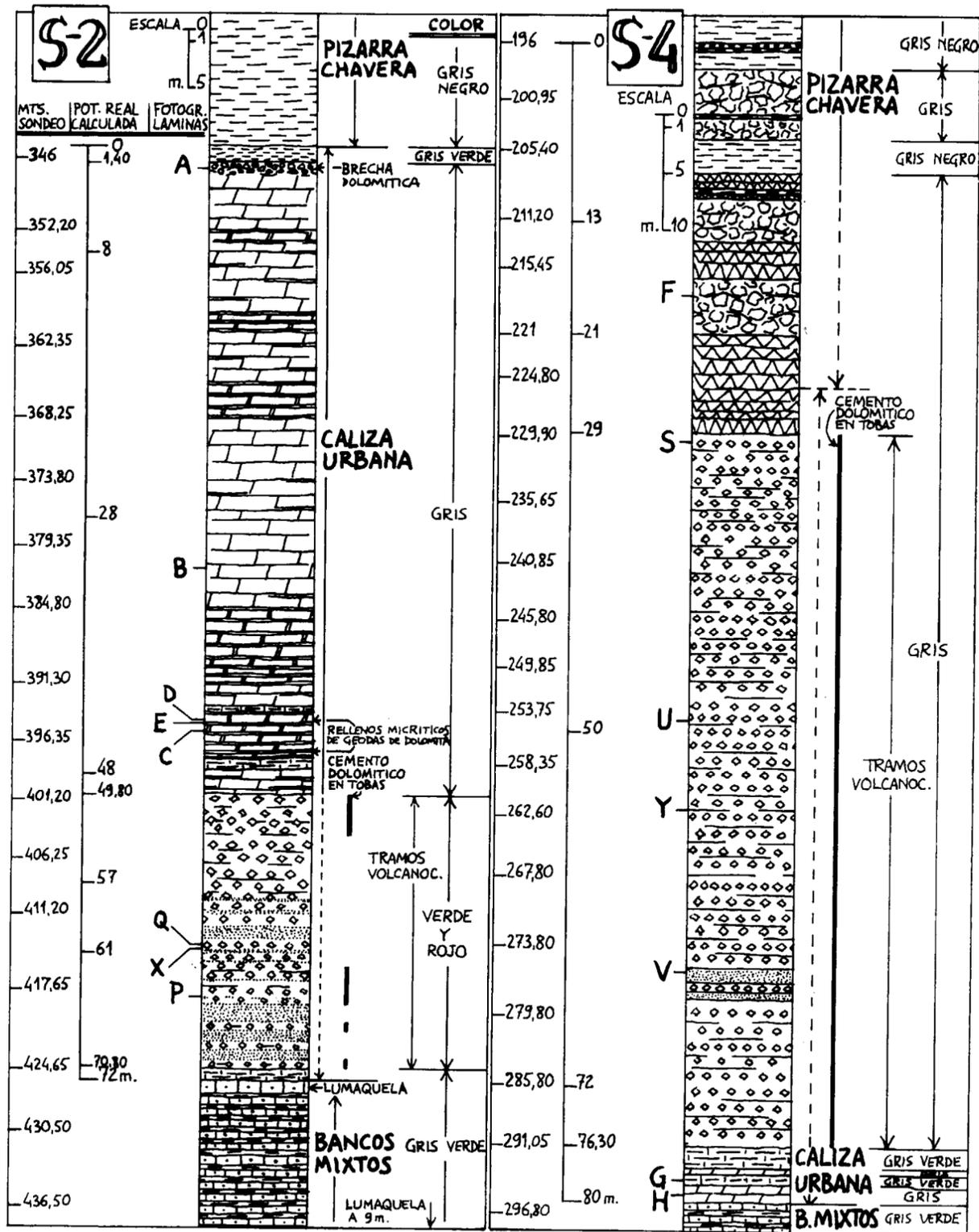


Figura 4.—Columnas litológicas de los sondeos S-2 y S-4 (para leyenda, ver fig. 5).

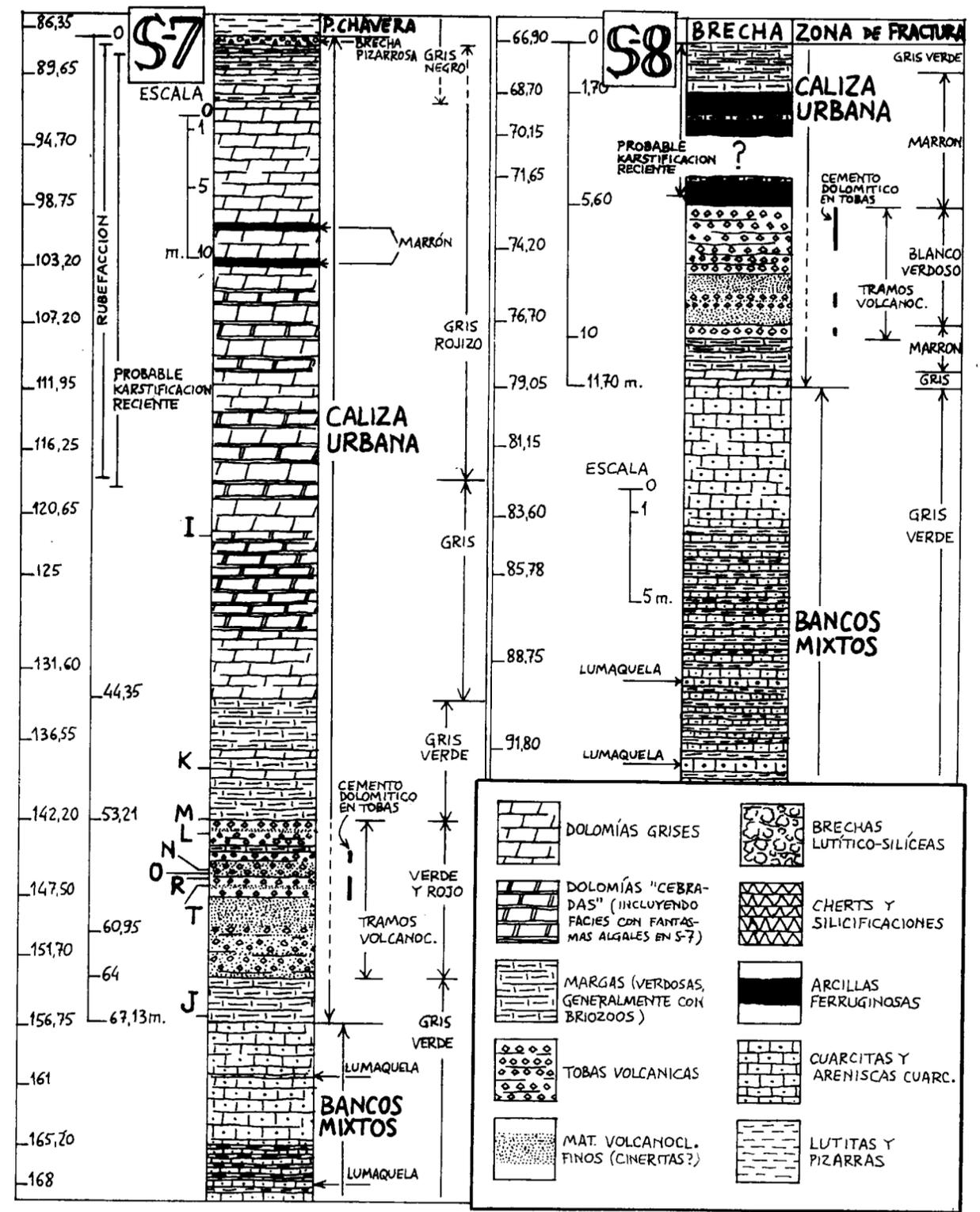


Figura 5.—Columnas litológicas de los sondeos S-7 y S-8 (para leyenda, ver también fig. 4).

derivar a fallas inversas), con esquistosidad de flujo muy penetrativa, vergentes al sur. Los granitos son posteriores e intruyen según bandas casi este-oeste; el de Santa Elena y sus prolongaciones subterráneas han producido un arqueamiento de la tectónica de primera fase, cuyo resultado ha sido una delimitación geográfica de dominios de Culm (al sur) y de Ordovícico, sobre todo (al norte) (fig. 2), y una esquistosidad de fractura que crenula la anterior (Ríos, S., 1977).

La Caliza Urbana se conoce en varias localidades de la región (fig. 2). En el pozo «Urbana» y otros afloramientos del noroeste de la provincia de Jaén alcanza espesores no superiores a algunos metros (HENKE, 1926; TAMAIN, 1972) o variables entre 8 y 12 m. (RICHTER, 1967). Potencias similares muestra en las áreas, más orientales, de Chiclana de Segura (Jaén) (3-10 m.; KETTEL, 1968) o Puebla del Príncipe (C. Real) (2-6,5 m.; HAFENRICHTER, 1979). Los mayores espesores se han observado en partes centrales de la región: 35 m. en Viso del Marqués (C. Real) (FUGANTI y SERPAGLI, 1968), y 80-100 m. en La Alameda y Aldeaquemada (Jaén) (BUTENWEG, 1968; TAMAIN et al., 1970). Muestra facies variadas; hacia techo suelen presentarse calizas masivas con braquiópodos, o «gravelosas», y facies dolomíticas; hacia muro, tramos margo-arenosos fosilíferos (con briozoos predominantes) y también calizas arenosas micáceas, y areniscas calcáreas. En algún punto se trata de una caliza cristalina marmórea, debido a metamorfismo de contacto.

Complejos volcano-sedimentarios asociados a la Caliza Urbana han sido citados en La Alameda, donde consisten en restos volcanoclásticos y cineríticos embalados en un fondo calizo (de fragmentos de organismos y líticos) (CARRÉ, en TAMAIN et al., 1970). También, en las inmediaciones del pozo «Guindo», ya señalados por HENKE (1926); ahí, CHARPENTIER (1976) describe alternancias y tramos decimétricos de areniscas masivas gruesas grises, o pardas ferruginosas, y materiales volcano-sedimentarios de color negro a verde; éstos son tufitas muy finas, de composición riolítica, con cuarzos angulosos alargados, cloritas, etc., y numerosos restos fósiles; la sucesión tiene unos 3 m. de espesor y muestra algún tramo carbonatado.

En cuanto a la edad de la formación, HENKE (1926) la atribuyó al Arenig-Llandeilo. FUGANTI y

SERPAGLI (1968) la dataron ashgillense por conodontos. Esta edad fue confirmada indirectamente por CHAUVEL et al. (1969) al asignar, en la serie-tipo de El Centenillo de TAMAIN (1972), donde no se presenta, una edad Caradoc para las lumaquelas terminales de los Bancos Mixtos, y Ashgill Inferior para el nivel con cistideos de la base de la Pizarra Chavera. A escala peninsular, HAFENRICHTER (1979, 1980) indica Ashgill Inferior y, sobre todo, Medio, por estudio de trilobites y acritarcos. La misma edad ha sido asignada recientemente por GUTIÉRREZ MARCO y RÁBANO (en prensa) mediante una actualización de los datos paleontológicos conocidos y un planteamiento de la problemática de correlaciones a nivel de la Zona Lusitano oriental-Alcúdicea y otras.

#### SUCESION ESTRATIGRAFICA ATRAVESADA POR LOS SONDEOS

La situación de los sondeos en el contexto geológico local puede verse en la figura 3; en ella se indica, además, la extensión conocida de la Caliza Urbana en el subsuelo (atendiendo también a datos de explotaciones mineras próximas: TAMAIN, 1972). Informaciones complementarias pueden obtenerse en JACQUIN y PINEDA (1980).

Algunos sondeos no la cortaron. Así, S-9 atravesó las Cuarcitas Superiores anormalmente potentes, luego la Pizarra Chavera con abundantes intercalaciones areniscosas y, por último, los Bancos Mixtos, alcanzando los 310 m. de profundidad. El sondeo S-3 llegó a los 193 m., atravesando entre B. Mixtos y P. Chavera unos 6 m. de brechas pizarrosas con algunos fragmentos centimétricos cuarcíticos.

Los espesores de las formaciones suprayacentes a la C. Urbana, atravesadas por los sondeos, son del orden de más de 65 m. para las ampelitas silúricas, 10-41 m. para las C. Superiores, y 78-81 m. para la P. Chavera. Los de la C. Urbana (con sucesión volcánica incluida) alcanzan 67 m. (S-7) y 72 m. (S-2).

#### Sondeo S-2 (fig. 4)

El techo de la C. Urbana se encuentra a 170 m. bajo la superficie. Está constituido por 1,4 m. de lutita silíceo gris-verdosa, con venillas de cuarzo-

carbonato frecuentes, que pasa gradual pero rápidamente a la P. Chavera gris-negra suprayacente. Abajo, en contacto brusco, hay 47 m. de espesor de dolomías grises con intercalaciones «cebradas», excepción hecha de la parte superior (1 m.) que es una brecha dolomítica. Sigue hacia abajo, en total concordancia, una sucesión (20 m. de potencia) de materiales volcanoclásticos, a cuyo muro un tramo de margas verdosas con briozoos se dispone concordantemente sobre los B. Mixtos, que presentan varios niveles «lumaquéllicos» (areniscas y cuarcitas calcáreas ricas en braquiópodos).

#### Sondeo S-4 (fig. 4)

Cortó una sucesión de 46 m. de espesor de materiales volcanoclásticos; forman su base margas verdosas (con briozoos) con intercalaciones dolomíticas grises más abundantes hacia muro (4 m. de potencia para este tramo). El contacto con los B. Mixtos es brusco pero concordante.

Encima de la serie volcánica hay una compleja sucesión de silicificaciones, cherts y brechas con mineralizaciones de Zn-Ba asociadas. Las brechas están constituidas, predominantemente, por fragmentos decolorados (gris claro) de la P. Chavera (cuya parte más baja no afectada por estos fenómenos se halla a 160 m. bajo la superficie).

Especialmente en este sondeo se encontraron diversos testimonios de inestabilidad tectónica durante la sedimentación: pequeñas fallas sin-sedimentarias en un tramo de lutitas negras (base de la P. Chavera, dentro de la zona de brechas), zonas de ruptura de los materiales volcánicos con fellenos pizarrosos posteriores (probablemente P. Chavera) (lám. III: Y), etc.

#### Sondeo S-7 (fig. 5)

El techo de la C. Urbana se encuentra a 60-80 m. bajo la superficie, y está constituida por una brecha de matriz pizarrosa negra y clastos centimétricos angulosos de sílice y piritita (0,75 m. de pot.); inmediatamente debajo hay una alternancia de dolomías grises y pizarras oscuras, en tramos semimétricos a decimétricos (1,6 m.). Siguen a continuación 42 m. de dolomías grises con intercalaciones «cebradas» y, menos frecuentemente, arcillosas; el conjunto se muestra rube-

factado en su mitad superior, probablemente en relación con karstificación reciente. Hacia abajo siguen 8,8 m. de margas verdosas con briozoos (con alguna intercalación dolomítica), 10,8 m. de sucesión volcanoclástica con alguna intercalación fosilífera a techo y, por último, 3 m. de margas como las anteriores. Estas muestran un cierto choque angular (posiblemente una pequeña fractura) con los B. Mixtos, que presentan algunos niveles «lumaquéllicos».

#### Sondeo S-8 (fig. 5)

No se conoce la parte superior de la C. Urbana, ya que está afectada por una fractura importante, probablemente posterior.

Encima del tramo volcánico (4,4 m. de potencia) hay 5,6 m. de materiales margosos con briozoos. Debajo, en paso rápido pero gradual, 1,1 m. de margas como las anteriores y por último 0,5 m. de dolomía gris. El contacto con los B. Mixtos (que presentan niveles «lumaquéllicos») es, al igual que en sondeos anteriores, brusco pero concordante.

#### Síntesis: la sucesión tipo

Así pues, la sucesión estratigráfica tipo de la C. Urbana al norte de El Centenillo podría venir definida por un tramo superior dolomítico (0-47 m. de pot.) y uno inferior de margas verdosas con briozoos (2-12 m.) en el que suelen intercalarse materiales volcanoclásticos (4-46 m.).

La formación se dispone de forma neta y concordante sobre los B. Mixtos. El paso a la P. Chavera es más irregular: suelen aparecer materiales pizarrosos brechoides, importantes al menos en un caso (S-4), en el que precisamente está ausente el tramo dolomítico.

#### FACIES Y PETROGRAFIA DE LOS MATERIALES

##### Dolomías grises

A simple vista presentan laminación difusa, niveles estilolíticos y zonas con una cierta porosidad, generalmente concordantes entre sí (lámina I: B y H).

Al microscopio la estructura bandeada es menos aparente, aunque queda algo definida por la forma general de los agregados cristalinos, así como por hiladas de arcillas. Están constituidas por un mosaico de cristales de dolomita rica en hierro de tamaño mesocrystalino (0-1-0,2 mm.), con textura hipidiotópica, presentando una buena parte de los cristales centros anubarrados; dentro de él aparecen segregadas masas de cristales más limpios (que deben corresponder a secciones de fósiles totalmente transformados), y también granos de cuarzo (de tamaño arena fina: 0,15-0,20 milímetros) y micas, muy homogéneamente distribuidos.

#### Dolomías «cebradas»

En S-2 son alternancias centimétricas, no muy regulares, de dolomías grises mesocrystalinas y dolomita blanca macrocrystalina; esta última suele bordear huecos bastante equidimensionales (lámina I: E). El bandeo claro-oscuro que definen puede ser, en detalle, discordante con la laminación de los tramos dolomíticos grises (facies descritas anteriormente) en que intercalan (lámina I: C).

Al microscopio se distinguen muy bien los dos tipos de mosaicos en función de la morfología y tamaño de los cristales de dolomita. El mosaico fino (gris), que forma la base de la roca, consiste en cristales subeuhedrales de tamaño medio 0,08 milímetros, equigranulares, en el que aparecen dispersos granos de cuarzo de tamaño similar cuyos bordes están en parte corroídos por el carbonato. Los macrocristales blancos (cuyo tamaño oscila entre 2 y 3 mm.) contienen también algunos granos muy finos de cuarzo y se disponen en empalizadas con distribución radiaxial; los bordes junto al mosaico fino son netos, marcados

por un rápido crecimiento de cristales rómbicos hacia el centro de los huecos.

En S-7 aparecen facies microscópicamente similares pero que, de visu, definen alternancias más finas, cuya morfología corresponde a posibles formas algales. Se observan huecos de tipo *Stromatactis* (lám. I: I).

#### Brechas dolomíticas

Se presentan sólo en S-2, a techo de la formación y con 1 m. de espesor. Están constituidas por fragmentos de dolomía gris cementados por la dolomita blanca (lám. I: A). Hacia abajo hay un paso gradual pero muy rápido a las dolomías grises descritas. Pueden representar una pequeña estructura de colapso previa a la última dolomitización (dolomita blanca de las facies «cebradas»).

#### Rellenos micríticos de geodas de dolomía «cebrada»

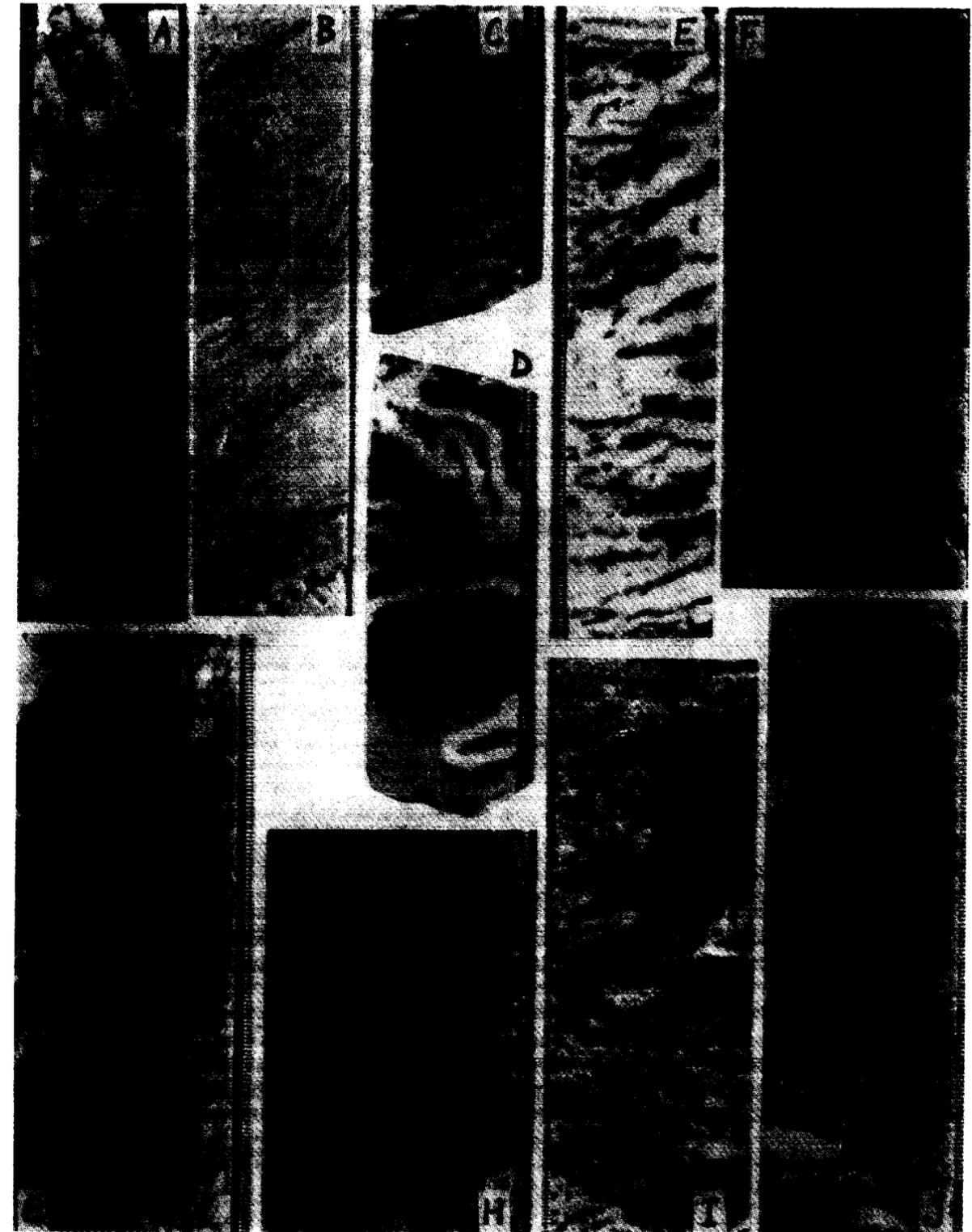
Sólo se han observado dos casos, en S-2. Son de tamaño decimétrico. La micrita rellanante es de color gris claro y presenta una fina laminación que puede estar afectada por pequeñas fracturas debidas a acomodación deposicional (lám. I: D).

Al microscopio la micrita presenta estructura laminada irregular definida por pasadas ligeramente más terrígenas, con cuarzos angulosos y fragmentos bioclásticos de 0,25 mm. de tamaño. Se observan una cierta estratificación gradada así como pequeños slumps. El contacto con los cristales de dolomita rómbica (superficie de la geoda) es neto; en sus proximidades, la micrita rellanante puede englobar algún fragmento cristalino caído.

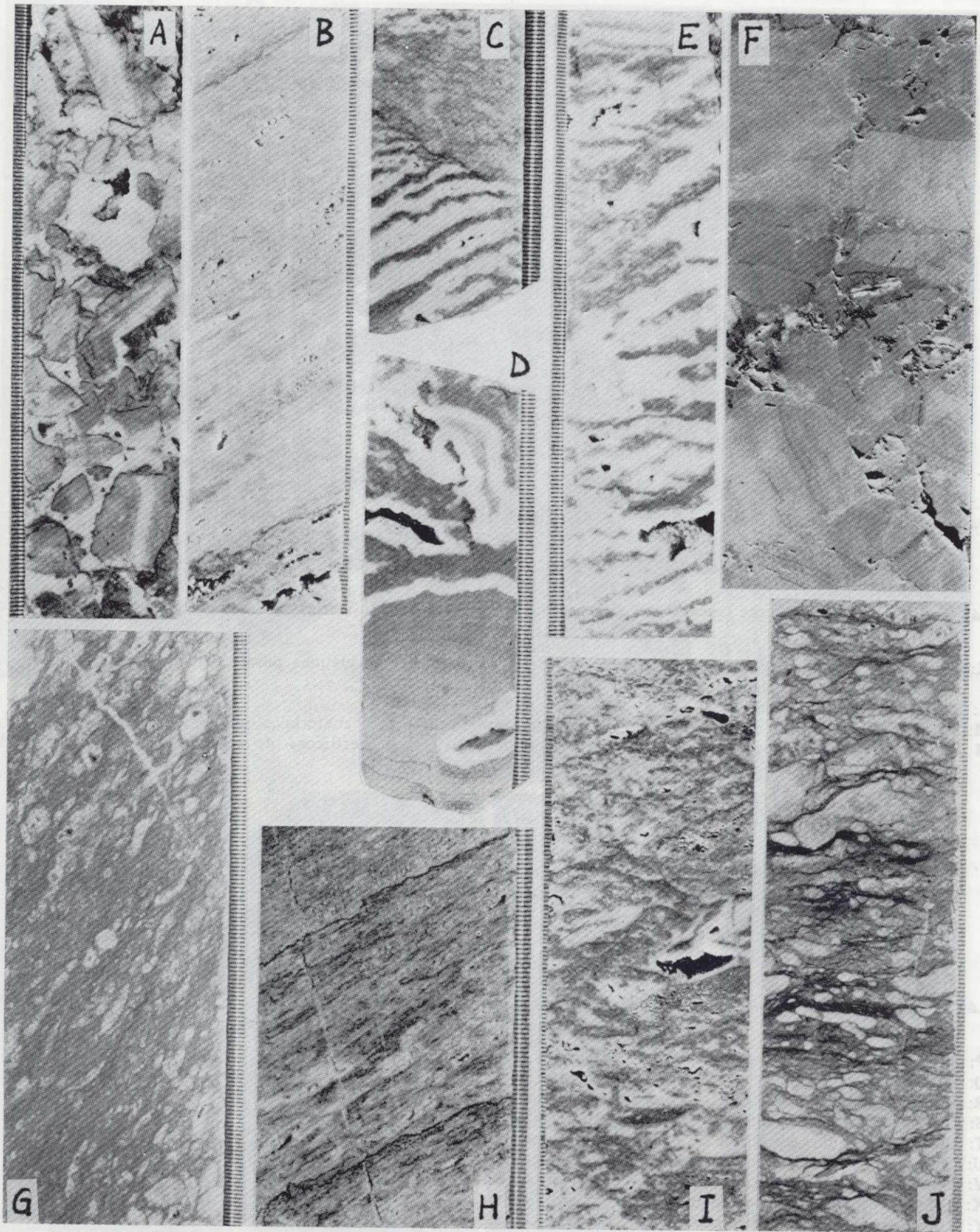
Lámina I.—Materiales carbonáticos (escala lateral en milímetros). Véase su situación estratigráfica en las columnas correspondientes.

- A: Brecha dolomítica; clastos de dolomía gris (con película de óxidos de hierro en su superficie) cementados por dolomita blanca (S-2).
- B: Dolomía gris con bandeo, porosidad y algunos niveles estilolíticos (S-2).
- C: Discordancia local entre el bandeo de una facies «cebrada» y el de la dolomía gris (S-2).
- D: Rellenos micríticos de geodas de dolomita blanca (de facies «cebradas») (S-2).
- E: Dolomías «cebradas» (S-2).
- F: Brecha de clastos lutíticos (con bandeo y microfracturas) cementados por escasa sílice de tipo chert (S-4).
- G: Margas verdosas dolomíticas con briozoos (S-4).
- H: Dolomía gris con superficies de estilolitización (S-4).
- I: Dolomía gris-blanca (asimilable a facies «cebradas») con posibles fantasmas de estructuras algales (S-7).
- J: Margas verdosas dolomíticas con briozoos (S-7).

#### LAMINA I



LAMINA I



## LÁMINA II

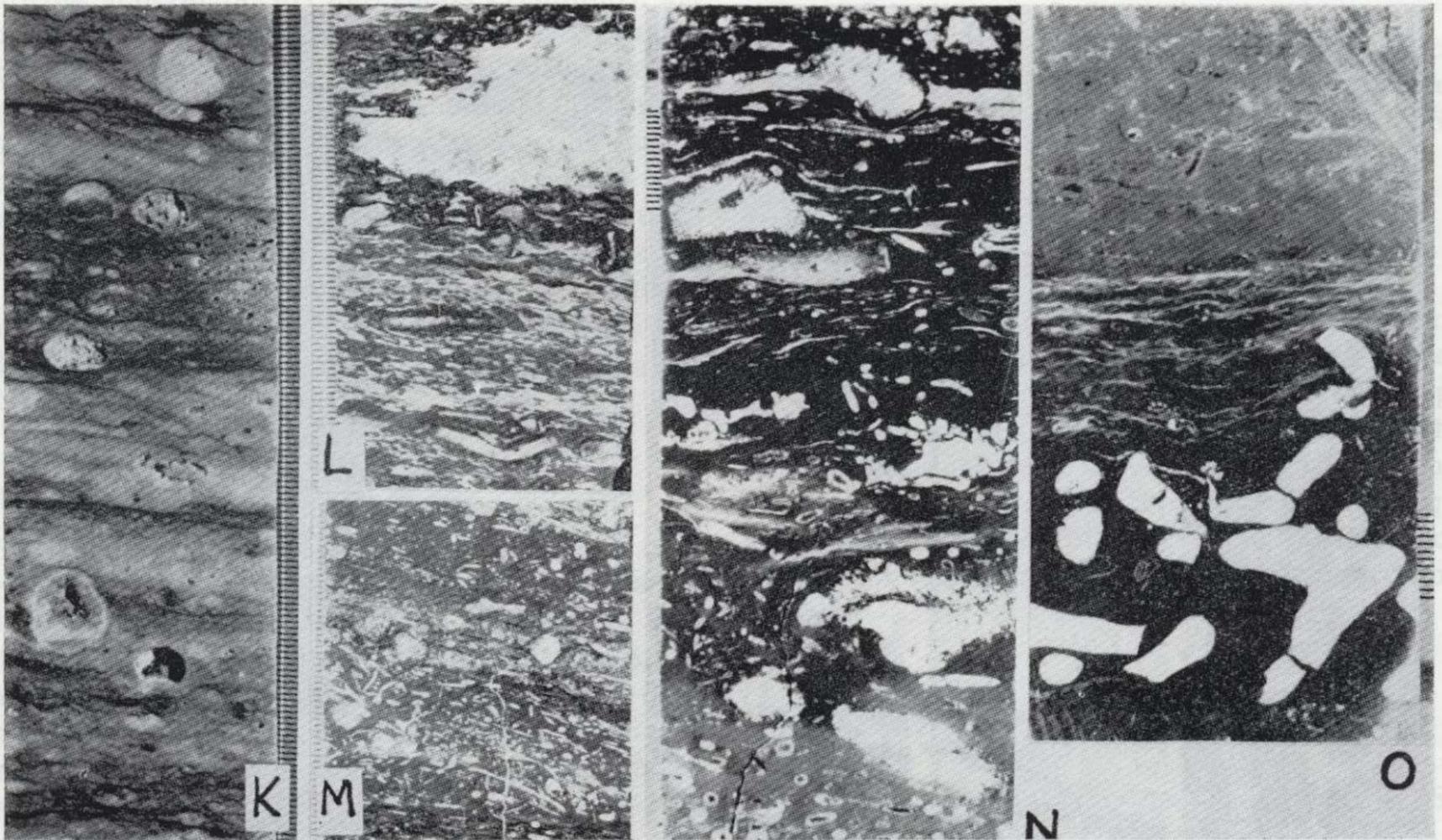


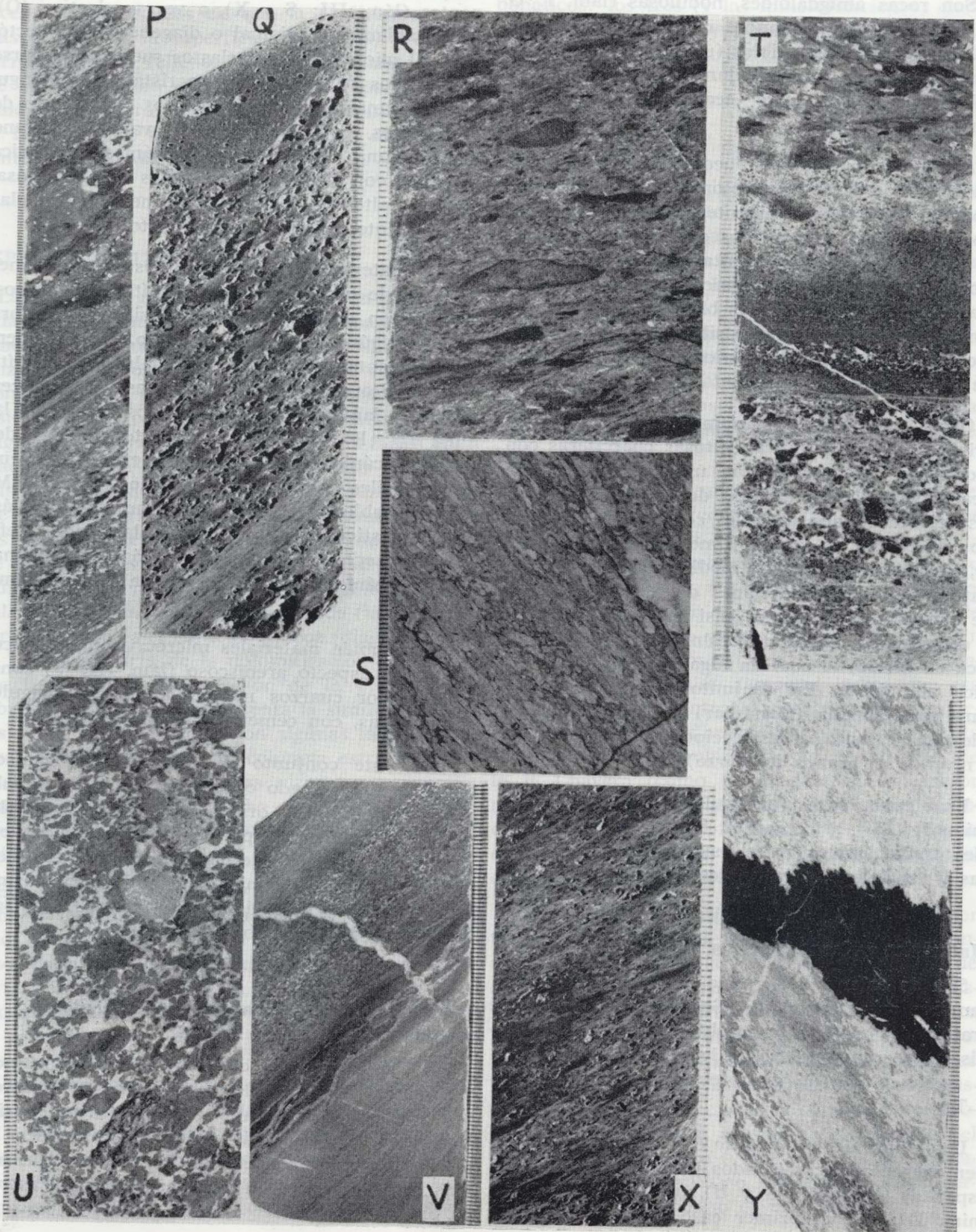
Lámina II.—Facies fosilíferas (escala lateral en milímetros). Sondeo S-7. Véase su situación estratigráfica en la columna correspondiente.

- K: Huecos de fósiles en las margas dolomíticas verdosas que presentan algunas pasadas de estructura más difusa (tránsito a dolomías grises).  
 L: Roca mixta tobáceo-bioclástica.  
 M: Artejos de crinoides y otros restos fósiles (bivalvos, braquiópodos) en materiales «cineríticos» de color rojo.  
 N y O: Briozoos, tabulados (?) y artejos de crinoides en materiales «cineríticos» de color rojo (oscuro) y verde (claro).

Lámina III.—Materiales volcanoclásticos (escala lateral en milímetros). Véase su situación estratigráfica en las columnas correspondientes.

- P: Aspecto de la estratificación de los materiales (S-2).  
 Q: Toba verde con clastos aplastados, sin cemento posterior; arriba, piroclasto vacuolar (S-2).  
 R: Probable cinerita verde, o cash-flow, con piroclastos mayores aplastados (S-7).  
 S: Toba gris de clastos aplastados muy carbonatados, y cemento carbonático (S-4).  
 T: Detalle de tramos tobáceos. Se observa granoselección (S-7).  
 U: Clastos volcánicos grises, no aplastados, y cemento carbonático posterior (S-4).  
 V: Materiales clásticos finos y microcristalinos, grises (S-4).  
 X: Toba verde con clastos aplastados, sin cemento posterior (S-2).  
 Y: Tobas grises con cemento carbonático. Fracturación posterior y relleno consiguiente de lutita negra (probablemente, Pizarra Chavera) (S-4).

LAMINA III



### Margas verdosas con briozoos

Son rocas amigdaloides, nodulosas (lám. I: G y J). Los nódulos, blancos o grises, son fósiles más o menos reconocibles (usualmente briozoos, aunque también se presentan braquiópodos y bivalvos) dispuestos entre «seams» más arcillosos, verdosos.

Al microscopio algunas pueden clasificarse como packstones bioclásticos dolomitizados presentando una estructura netamente orientada, marcada por fragmentos bioclásticos con empaquetamiento muy denso en parte resaltado por interpenetraciones; la matriz es micrítico-arcillosa, con bioclastos finos. Las secciones bioclásticas están por completo dolomitizadas, posiblemente a favor de mosaicos cementantes previos, y tras disolución de las partículas bioclásticas.

Otras rocas (algunos tramos en las dolomías grises de S-2) son lutitas silteosas cuarcíferas con bioclastos. Estas presentan una estructura bandeada definida por pasadas de secciones de fósiles orientados que alternan con láminas de granos de cuarzo de tamaño limo a arena muy fina (0,15-0,07 mm. de tamaño medio) y flecos de mica entre arcillas. Las secciones de fósiles (1-6 mm. de tamaño) están en su casi totalidad disueltas y cementadas parcial a totalmente por dolomita rica en hierro, lo cual da lugar a porosidad móldica abundante. En conjunto presentan estructura alentejonada (glandular) por compactación (destacable tanto en las secciones de fósiles como a nivel de los granos de cuarzo).

En algunos casos (particularmente en S-7 —lámina II: K—, así como en S-2) se reconocen facies transicionales entre estas margas dolomíticas y las dolomías grises descritas antes.

### Materiales volcanoclásticos

Son de color verde, rojizo o gris y pueden ser también criptocristalinos. Se presentan bien estratificados a causa de cambios o alternancias de distintas granulometrías. Algunos presentan uno o varios ciclos de granoselección (lám. III: P y T).

Los materiales puramente clásticos (tobas) pueden presentarse cementados por carbonato (dolo-esparita) (lám. III: S y U), o sin cemento (lámina III: Q); el primer caso es general en el

sondeo S-4, y el segundo más típico de S-2. En algunos se observa aplastamiento de sus componentes (lám. III: S y X), a veces selectivo (Q), y probablemente original o diagenético, no tectónico. Al microscopio los clastos suelen observarse compuestos de cuarzos monocristalinos subangulosos en una matriz de productos cloríticos o de filossilicatos, con carbonatación variable; alguno muestra una típica textura volcánica vitrofídica y fluidal, con algunos fenocristales de plagioclasa, piroxeno alterado y biotita, y numerosas vacuolas parcialmente rellenas de carbonato.

Los materiales criptocristalinos suelen tener color verde o rojo, y aspecto lutítico. Al microscopio están constituidos por filossilicatos y cloritas con algún cuarzo policristalino. Probablemente representan materiales originalmente cineríticos (ash flow?) en los que a veces se reconocen restos o fantasmas de piroclastos mayores (lámina III: R). En S-7, en la parte superior del tramo volcánico, este tipo de materiales contiene restos fósiles muy bien conservados (lám. II: M, N y O), habiendo también lechos mixtos piroclástico-bioclásticos con estructura laminada, definida por secciones alargadas de fósiles entre material volcánico con textura vítrea fluidal (lámina II: L).

Hay también materiales microcristalinos de color gris y aspecto arenoso (lám. III: V) constituidos por cuarzos monocristalinos subangulosos y micas, con cemento carbonático.

Todo este conjunto de materiales volcánicos puede ser clasificado como tobas volcánicas submarinas de posible origen epiclástico. Probablemente se trata de depósitos hidrovulcánicos explosivos procedentes de emisiones submarinas en ambiente de plataforma con retrabajado marino inmediatamente posterior. El volcanismo debe ser de carácter riolítico y basáltico.

### Brechas lutítico-silíceas con silicificaciones y mineralizaciones de Zn-Ba

Sólo se encuentran en S-4 y sobre los tramos volcánicos. Son de color gris claro. Los clastos son lutíticos (con grado de silicificación variable) (lám. I: F) y, más raramente, volcánicos o silíceos. La matriz es silícea, de tipo chert. Para más detalles, véase un próximo artículo (PINEDA, en prep.).

### Arcillas ferruginosas

Son materiales blandos, incoherentes. Sólo aparecen en los sondeos en que la C. Urbana está más próxima a la superficie (S-7 y S-8) y deben corresponder a rellenos kársticos recientes. En S-8 se les asocian margas con briozoos de anómalo color marrón, debido también a influencias de la alteración superficial (oxidación del hierro contenido en la dolomita).

### ASPECTOS PETROGÉNICOS

Las dolomías grises deben derivar en gran medida (puesto que hay facies transicionales en algunos tramos) de margas verdosas fosilíferas (y quizá, en algunos casos concretos, de calizas estromatolíticas); gran parte de sus huecos y porosidad deben corresponder a los restos fósiles originales posteriormente disueltos. Las facies «cebradas» pueden representar un estado evolutivo más avanzado del proceso de dolomitización sobre dolomías grises, aunque se observan relaciones más complejas (discordantes en detalle) entre ambos tipos. Es importante la existencia de sedimentos internos micríticos, algo bioclásticos, relleno de geodas de dolomía cebrada (lám. I: D), porque evidencia el carácter precoz (diagenético?) de la mayor parte de la dolomitización, antes de que finalice la sedimentación de la C. Urbana; sobre todo si se tiene en cuenta la similitud composicional de los rellenos con algunas facies margosas fosilíferas, y que la columna estratigráfica local (e incluso regional) es pizarrosa y cuarcítica, no conociéndose a techo carbonatos con los que pudiera establecerse una hipotética correlación.

En cuanto al volcanismo asociado a la C. Urbana, y teniendo en cuenta que los datos geológicos regionales no indican la existencia de procesos compresivos durante el Ashgill, hay que descartar, en principio, sea un volcanismo calcoalcalino asociado a subducción; por su carácter ácido (y probablemente básico, minoritario, asociado) debe representar, más bien, un magmatismo bimodal intraplaca en relación con procesos tensionales (protorifts?). Podría ser un eslabón más del conjunto de manifestaciones que aparecen en el área Lusitano oriental-Alcúdice, preferentemente en el Llanvirn y Silúrico. A nivel local, el volcanismo ha podido influir (creando microambien-

tes favorables, o mediante aportes geoquímicos) en la profusión de organismos y sedimentos carbonáticos: los tres (y las mineralizaciones) constituyen una notable y puntual asociación en la columna estratigráfica de El Centenillo.

### PALEOGEOGRAFIA

En el contexto de la región, la Caliza Urbana representa un depósito de plataforma; para muchos autores, de aguas frías que preceden a la glaciación (con laguna estratigráfica asociada) del Ashgill Superior (ver HAFENRICHTER, 1980). En el caso de El Centenillo los fantasmas de estructuras algales, así como las facies margosas de briozoos, parecen corresponder, efectivamente, a un ambiente de plataforma, aunque la dolomitización ha borrado las características sedimentarias originales de la mayor parte de los materiales carbonatados.

Se han elaborado unos mapas de isopacas del área sondeada y alrededores (fig. 6) de los que se desprende que la formación y sus facies se disponen según un pequeño surco (plataforma externa?) de dirección noreste-suroeste, asimétrico, con un talud mucho más abrupto en su borde noroccidental (hecho ya notado por JACQUIN y PINEDA, 1980). Un examen de la distribución de facies según su sucesión temporal indica que ese borde debe estar controlado por una fractura activa durante la sedimentación, no sólo de la C. Urbana sino también de la parte baja de la P. Chavera (como lo demuestran el espesor máximo de los materiales volcanoclásticos, la inexistencia del tramo dolomítico, y la presencia de brechas pizarrosas con mineralizaciones asociadas, en sus proximidades: sondeo S-4).

Este modelo de sedimentación controlada por fracturas activas puede explicar satisfactoriamente el carácter lenticular y la gran diferencia de espesores de la C. Urbana en la región. La existencia de tales fracturas viene avalada, por otro lado, por el propio volcanismo asociado, de probable ambiente geodinámico tensional, según se ha indicado antes. A su vez, fracturas y volcanismo explican la presencia de mineralizaciones asociadas a la C. Urbana, no sólo en el subsuelo del norte de El Centenillo (véase un próximo artículo: PINEDA, en prep.) sino también en otras partes de la Zona Lusitano oriental-Alcúdice.

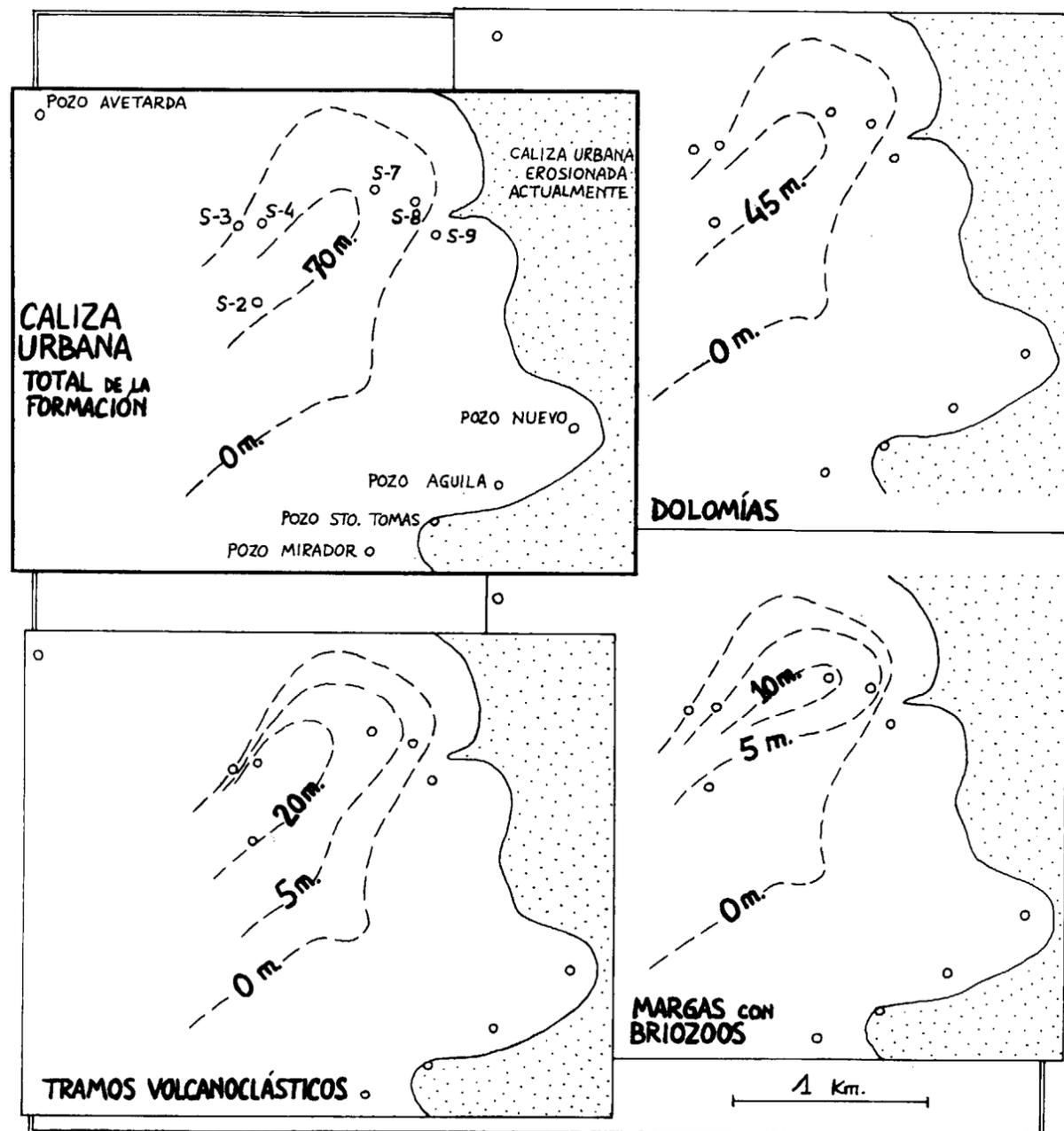


Figura 6.—Mapas de isopacas de la Caliza Urbana y sus facies en el área sondeada y alrededores.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco a G. Ovejero y J. Pandolfi, del Servicio de Geología, Investigación y Sondeos de la S. M. M. Peñarroya-España, S. A., las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo; y al Dr. Calvo Sorando y a M. P. Garbayo su ayuda en el estudio de diversas muestras.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BUTENWEG, P. (1968): *Geologische Untersuchungen im Ostteil der Sierra Morena nord-östlich von La Carolina (prov. Jaén, Spanien)*. Münst. Forsch. zur Geol. und Paläont., H. 6, Münster.
- CHARPENTIER, J. L. (1976): *Géologie et métallogénie de la Sierra Carolina (Jaén, Espagne)*. Thèse 3.º cycle. Centre d'Orsay. Univ. Paris-Sud.

- CHAUVEL, J.; DROT, J.; PILLET, J., y TAMAIN, G. (1969): *Précisions sur l'Ordovicien moyen et supérieur de la «série-type» du Centenillo (Sierra Morena orientale, Espagne)*. Bull. Soc. Géol. France, nº 7, 11, 613-626, Paris.
- FUGANTI, A., y SERPAGLI, E. (1968): *Geological remarks on Urbana limestone and evidence for its upper ordovician age by means of Conodonts (Eastern Sierra Morena, South Spain)*. Boll. Soc. Geol. Italiana, vol. 87, 511-521.
- GUTIÉRREZ MARCO, J. C., y RÁBANO, I. (en prensa): *Trilobites y graptolitos de las lumaquelas terminales de los «Bancos Mixtos»: elementos nuevos o poco conocidos*. Bol. Geol. Min.
- HAFENRICHTER, M. (1979): *Paläontologisch-Ökologische und Lithofazielle untersuchungen des «Ashgill-kalkes» (Jung-ordovizium) in Spanien*. Arb. aus dem Paläont. Inst. Würzburg, 3, 139 pp.
- HAFENRICHTER, M. (1980): *The lower and upper boundary of the Ordovician system of some selected regions (Celtiberia, Eastern Sierra Morena) in Spain. Part. II: The Ordovician/Silurian boundary in Spain*. N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 160, 1, 138-148.
- HENKE, W. (1926): *Beitrag zur Geologie der Sierra Morena nördlich von La Carolina (Jaén) (Mit einer paläontologisch-stratigraphischen Mitteilung von A. Born)*. Abhandl. der Senckenb. naturf. Gesells., XXXIX, fasc. 2 (trad. al español en XIV Cong. Geol. Intern. Excursión A 3, Los Guindos, 1926, y en Publ. extr. sobre Geol. España, VI, 27-39).
- JACQUIN, J. P., y PINEDA, A. (1980): *Sobre la metalogenia del subdistrito de La Carolina (Sierra Morena Oriental, España). Una nueva interpretación posible. Reflexiones sobre su investigación*. Stvd. Geol. Salmant., XVI, 59-70.
- KETTEL, D. (1968): *Zur Geologie der östlichen Sierra Morena im Grenzbereich der Provinzen Jaén, Ciudad Real und Albacete (Spanien)*. Münst. Forsch. zur Geol. und Paläont., H. 8, Münster.
- LOTZE, F. (1945): *Zur Gliederung der Varisziden der iberischen Meseta*. Geotekt. Forsch., 6, 78-92.
- RICHTER, P. (1967): *Stratigraphie und Tektonik in der Sierra de San Andrés (östliche Sierra Morena, Spanien)*. Münst. Forsch. zur Geol. und Paläont., H. 3, Münster.
- RÍOS ARAGÜÉS, S. (1977): *Aspectos geológicos del metalotecto plumbífero de La Coralina-Santa Elena, en Sierra Morena Oriental (Jaén, España)*. Bol. Geol. Min., t. LXXXVIII-II, 99-108.
- TAMAIN, G. (1972): *Recherches géologiques et minières en Sierra Morena Orientale (Espagne)*. Thèse Univ. Paris-Sud, 3 tomos.
- TAMAIN, G.; OTRACHT, A.; CARRÉ, D.; HÉLOIR, J.-P.; PERAN, M., y POUPON, G. (1970): *L'Ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)*. Comp. Rend. 94º Cong. Nat. Soc. Sav. (Pau, 1969). Sect. Sciences, t. II, 275-292.

Recibido: Junio 1986

GEOLOGIA

# Determinación biométrica de *Paradoxides mureroensis* Sdzuy 1958

Por A. CALONGE GARCIA (\*) y D. GIL CID (\*\*)

RESUMEN

En este trabajo se estudian las diferentes medidas biométricas tomadas en más de 100 ejemplares de *Paradoxides mureroensis* Sdzuy 1958 con el fin de obtener las características cuantitativas precisas de dicha especie. Su correcta identificación ayuda a situar la base del Cámbrico Medio.

ABSTRACT

In this paper the different biometric measurements taken in more than 100 fossils of *Paradoxides mureroensis* are studied to propose the accurate quantitative features of the species. The accurate determination of this species is very important as it provides the boundary between the Lower and Middle Cambrian.

INTRODUCCION

El *Paradoxides mureroensis* conlleva un gran interés e importancia, ya que su presencia en las series cámbricas nos precisa la base del Cámbrico Medio. A este importante hecho podemos añadir la hipótesis de Sdzuy (1971), según la cual dicha especie aún pertenecería a lo que actualmente conocemos como Cámbrico Inferior alto, por lo que una posición más exacta de dicha especie podría incidir en la situación del límite Cámbrico Inferior-Cámbrico Medio.

Por todo esto hemos decidido emprender un estudio de la especie *Paradoxides mureroensis*, con el objeto de obtener las características cuantitativas más precisas para su identificación, evitando interferencias con formas morfológicamente afines.

Los ejemplares sobre los que hemos tomado medidas proceden en su mayor parte de las Ca-

denas Celtibéricas (Murero, provincia de Zaragoza) (véase fig. 1 y lámina I).

El material utilizado está formado por la colección existente en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid y que allí tiene depositado la Dra. Gil CID. Se han estudiado un total de 525 ejemplares del género *Paradoxides*. Sin embargo, hemos hecho hincapié en la especie *P. mureroensis* por su interés cronostratigráfico.

SISTEMATICA Y CARACTERISTICAS ESPECIFICAS

Familia: *PARADOXIDAE* EMRICH 1839.

Género: *Paradoxides* BRONGNIART 1822.

Especie: *Paradoxides mureroensis* SDZUY, 1958.

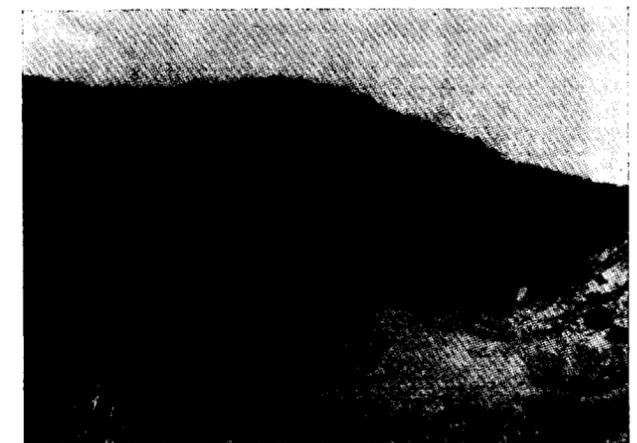
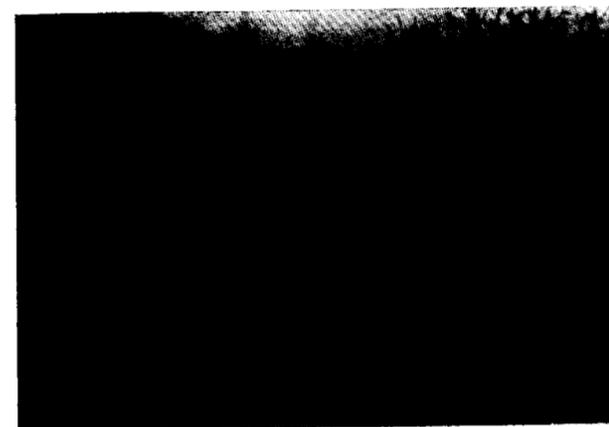
Sinonimias

1929 *Paradoxides mureroensis* RUD. y E. RICH-



Figura 1.—Situación geográfica de los yacimientos con trilobites del género *Paradoxides* BRONGNIART 1822. Hemos señalado con una flecha el yacimiento del cual procede el material estudiado.

LAMINA I



1. Vista general de la Rambla de Valdemiedes donde se han obtenido, en diferentes campañas de campo, el material objeto del presente estudio.

2. Vista parcial de las «Capas con *Paradoxides*» en el tramo de edad Cámbrico Medio.

Fotos: D. Gil CID.

(\*) Departamento de Geología de la Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

(\*\*) Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geología Económica, Madrid. C. S. I. C.-U. C. M.

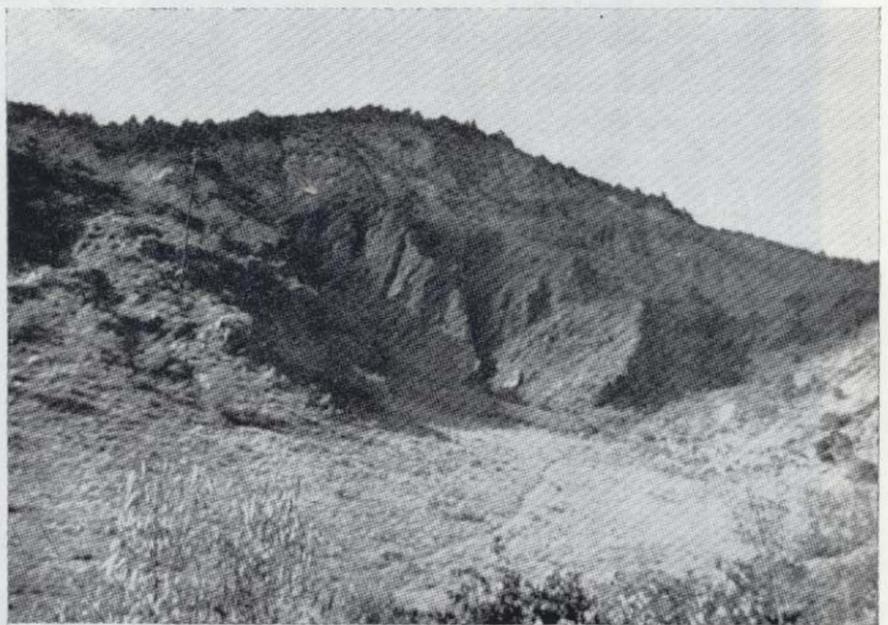


Figura 1.—Situación geográfica de los yacimientos con trilobites del género *Paradoxides* BRONGNIART 1822. Hemos señalado con una flecha el yacimiento del cual procede el material estudiado.

LAMINA I



1. Vista general de la Rambla de Valdemiedes donde se han obtenido, en diferentes campañas de campo, el material objeto del presente estudio.



2. Vista parcial de las «Capas con *Paradoxides*» en el tramo de edad Cámbrico Medio.

Fotos: D. GIL CID.

TER manusc. LOTZE, Keltiberisches Grundgebirge, p. 34.

1958 *Paradoxides mureroensis* n. sp. (SDZUY manusc.), Lotze, Stratigraphie des spanischen Kambrius, p. 731.

1958 *Paradoxides mureroensis* n. sp., Sdzuy, Neue Trilobiten Spanien, p. 239.

1961 *Paradoxides mureroensis* SDZUY, 1958, Sdzuy, Das Kambrium Spaniens, II, p. 317.

1970 *Paradoxides mureroensis* SDZUY, 1958, Gil Cid, Nota sobre los nuevos yacimientos de trilobites del Cámbrico Medio de Murero (Zaragoza), p. 165.

#### Diagnosis según SDZUY 1958 (fig. 2)

«*Paradoxides* que sólo presenta los surcos  $S_1$  y  $S_2$ ; sus ojos están muy próximos a los surcos dorsales y suelen medir menos de la mitad de lo que mide la glabella. La sutura marginal es algo mayor en su parte anterior que en la zona ocular.»

El pigidio es redondeado, sin espinas, con los bordes laterales muy estrechos y sólo se contabiliza un segmento en el raquis.»

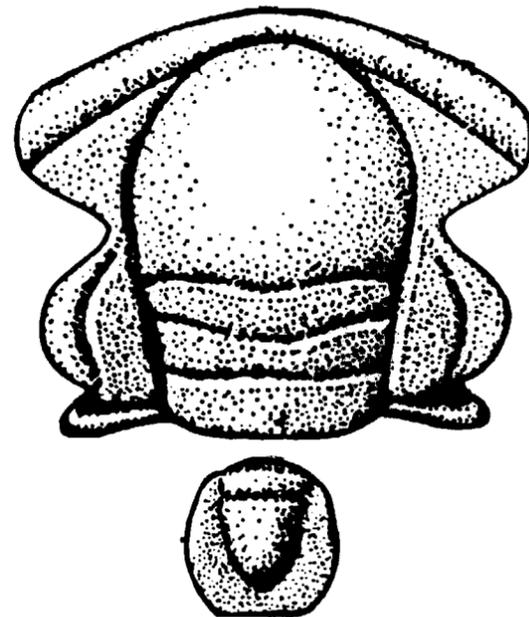


Figura 2.—Esquema del cranidio y pigidio de *Paradoxides mureroensis*, según SDZUY (1961).

#### Descripción de nuestros ejemplares

##### Material

Hemos encontrado fundamentalmente ejemplares fragmentados, de los cuales 50 son cranidios (24 de ellos presentan la glabella, parte del área preglabellar y los ojos), y 18 pigidios. El cranidio de mayor longitud mide 61,4 mm. y el mayor pigidio 22,29 mm.

##### Descripción (véase lámina II)

En términos generales el exoesqueleto de *P. mureroensis* obedece a la siguiente descripción:

El rodete frontal tiene forma arqueada y está delimitado por una sutura marginal profunda. Su anchura aumenta desde el centro hacia los lados. La glabella se aleja de la forma en «bombilla» propia de los *Paradoxides* por presentar surcos laterales subparalelos. Sobre ella existen tres curcos glabellares; el occipital es prácticamente recto, originando un lóbulo occipital de anchura constante, aunque en su parte media se inflexiona ligeramente; presenta un tubérculo occipital sobre su superficie. Los surcos  $S_1$  y  $S_2$

#### EXPLICACION DE LA LAMINA II

Figuras 1-6.—*Paradoxides mureroensis* Sdzuy 1958. Murero (Zaragoza).

— Moldes internos de cranidios:

1×1,2

2×1,2

3×1 (holotipo) (Sdzuy, 1958)

4×1

5×2,5

— Molde interno de hipostoma:

6×1,5

Figuras 7-12.—*Paradoxides* asociados a *P. mureroensis* en Murero (Zaragoza).

— Moldes internos de cranidios de *P. pradoanus*:

7×1,5

8×1,5

— Molde interno de un cranidio de *P. rouvillei*:

9×1,5

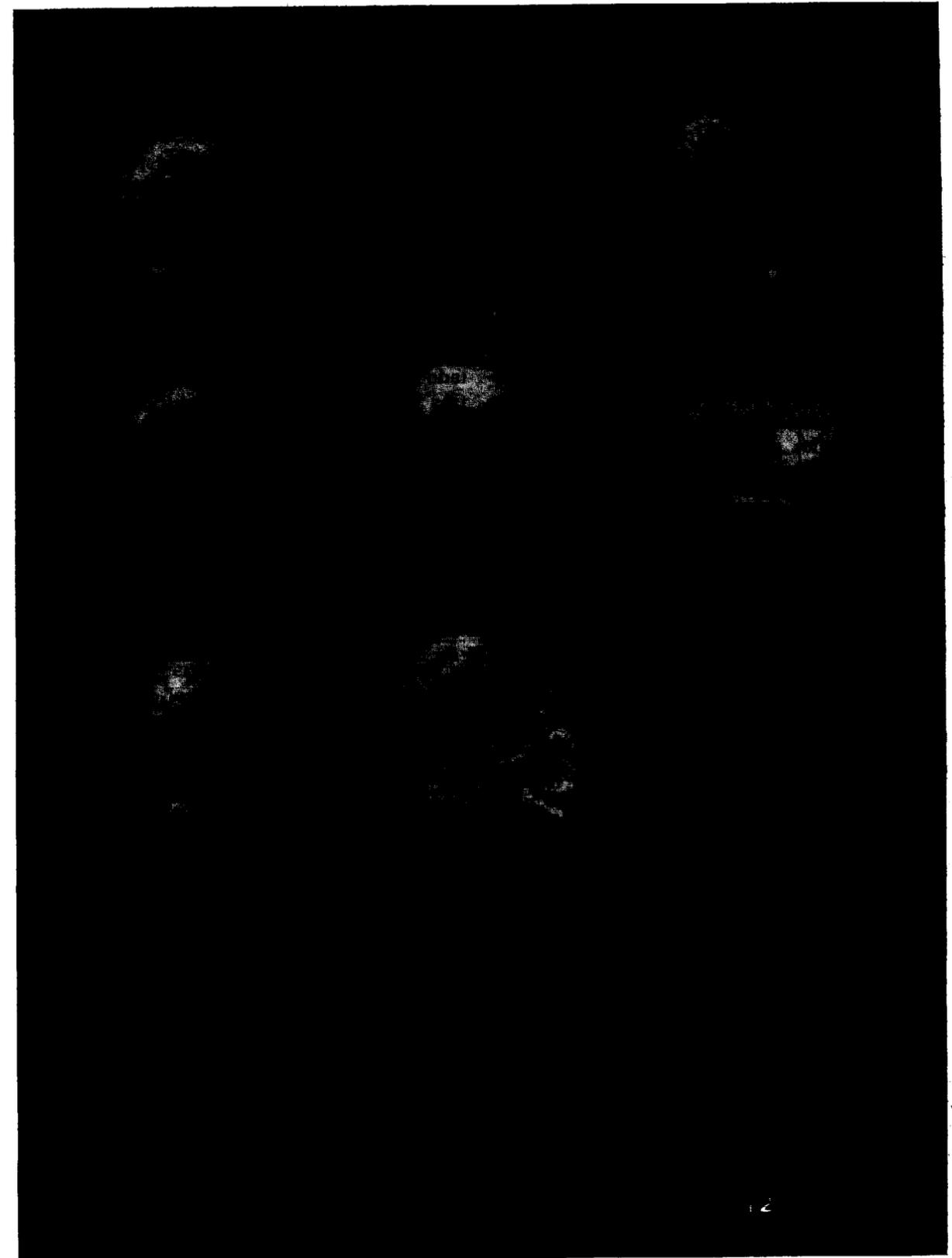
— Molde interno de un cranidio, un hipostoma y un pigidio de *P. brachyrhachis*:

10×1

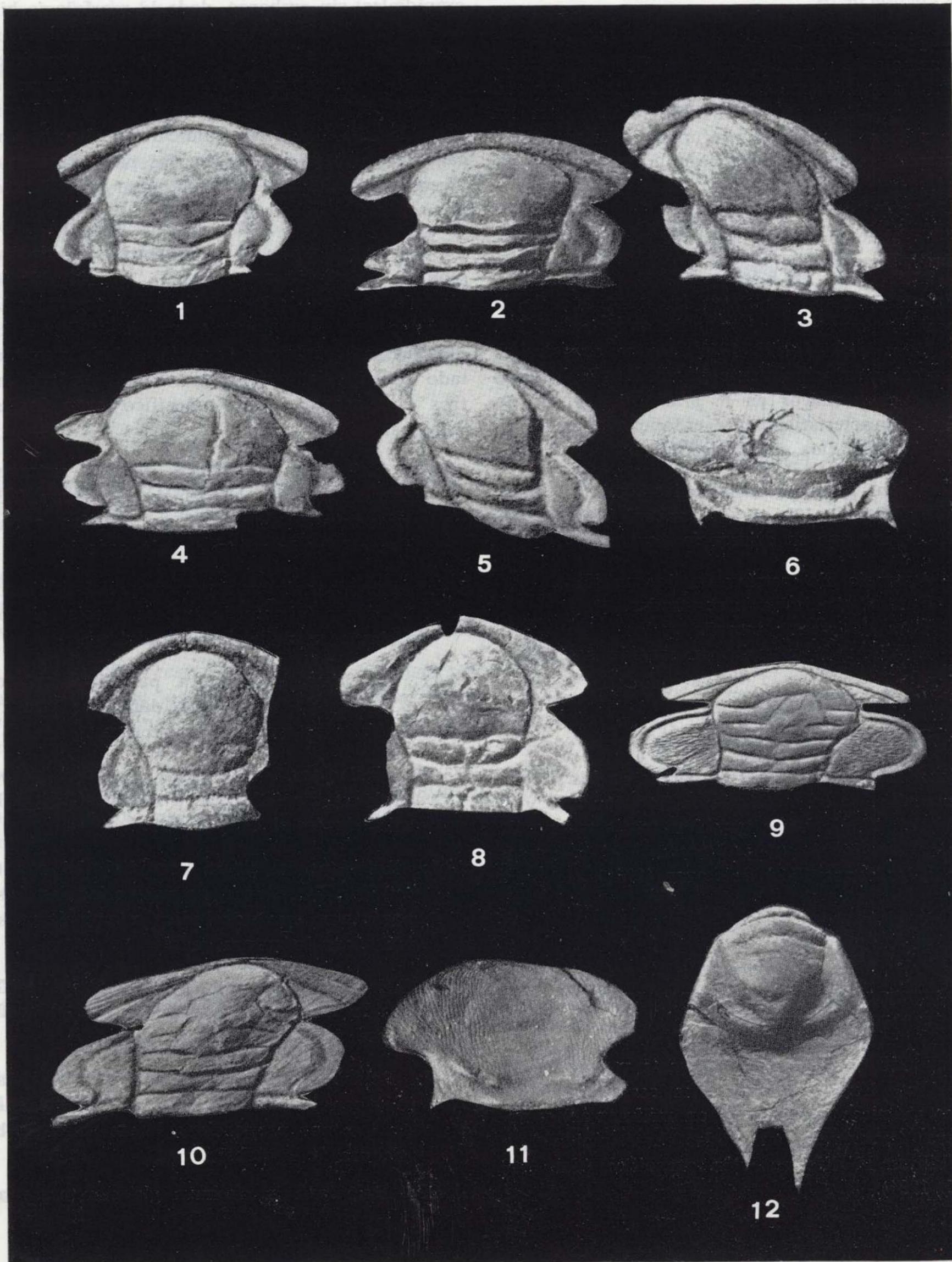
11×1,5

12×1

#### LAMINA II



LAMINA II



son transglabellares y convexos hacia atrás. La sutura facial no alcanza la glabella y se inicia por encima de  $S_2$ .

El pigidio es de borde entero, con una morfología semejante a un hexágono regular redondeado, y en su parte posterior se hace rectilíneo. El raquis pigidial está bien desarrollado con un borde bien definido y profundo, y su forma es triangular; tiene un surco amplio en sentido sagital.

#### Observaciones

Existen semejanzas entre los cráneos de la especie en cuestión y los de *P. pradoanus* VERNEUIL y BARRANDE 1860. Ambas especies se diferencian principalmente por la longitud de los ojos, que es mayor en *P. pradoanus*, y por su glabella característicamente ensanchada hacia delante. Los pigidios son completamente diferentes.

También presenta similitudes con *P. pinus* WESTERGARD 1936 y *P. sacheri* BARRANDE 1852, de las que se diferencia por:

- Ausencia de estrías en las mejillas.
- Puntas genales más separadas.
- Ojos de menor tamaño, y
- Pigidio más estrecho en sentido sagital.

#### Distribución estratigráfica

*Paradoxides mureoensis* aparece en los niveles intermedios entre el Cámbrico Inferior alto y el Cámbrico Medio bajo; posiblemente corresponde al piso *Paradoxides* (*Acadoparadoxides*), que equivale a las zonas 17-20 de LOTZE (1961).

#### CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS EN LOS PARADOXIDES

Teniendo en cuenta la diagnosis y descripción anteriores hemos buscado una serie de magnitudes métricas (expresadas en milímetros) y angulares (expresadas en grados centesimales) que posibiliten la diferenciación específica (GIL CID, et al., 1984).

Las medidas se han tomado sobre un total de 100 ejemplares; algunos de ellos son fragmentos craneales, sin embargo, dada la morfología bilateralmente simétrica que el grupo manifiesta, no es preciso contar con exoesqueletos completos, sino que en base a sus mitades geométricas, en sentido sagital, se pueden expresar identificaciones. Asimismo, hay que indicar que hemos aplicado las correcciones necesarias para eliminar el efecto de la deformación mediante la utilización de una malla de corrección.

Una vez orientado el exoesqueleto dorsalmente (con el objeto de no variar la posición de los ejemplares durante las mediciones), tomamos las medidas que con mayor precisión indiquen las diferencias específicas; después de haber contrastado su eficacia, comprobamos que los parámetros con mayor valor específico eran los siguientes:

$C1/C3$ : Relaciona la anchura craneal anteroexterna ( $C1$ ) con la palpebral externa ( $C3$ ), determinándonos cuál de las dos anchuras sobresale más en cada especie.

$C1/c$ : Relaciona la anchura craneal ( $C1$ ) con la altura ( $c$ ), con lo que se precisa el coeficiente superficial del individuo.

$C3/c$ : Relaciona la anchura palpebral externa ( $C3$ ) con la altura ( $c$ ), dándonos una relación semejante a la anterior.

$C'3/C3$ : Relaciona la anchura craneal palpebral externa ( $C3$ ) con la interna ( $C'3$ ), delimitándonos el área ocular.

$c'/c1$ : Relaciona la altura craneal del rodete ( $c'$ ) con la sutura genosutuperiocular ( $c1$ ), parámetro que nos indica a qué altura se inflexiona la sutura genal.

$G/g$ : Relaciona la anchura glabellar occipital ( $G$ ) con la altura ( $g$ ), determinándose el coeficiente superficial de la glabella.

$G1/G$ : Relaciona la anchura glabellar occipital ( $G1$ ) con la anchura glabellar ( $G$ ), parámetro que nos proporciona la variación de la anchura de la glabella.

$G1/G3$ : Relaciona la anchura glabellar occipital

( $G1$ ) con la anchura palpebral externa, determinándonos la anchura que ocupa la glabella frente a la anchura global del cráneo en este punto.

$(C3-G)/C3$ : Coeficiente que nos proporciona un valor relativo de la anchura de las fixigenas.

$(c-g)/c$ : Coeficiente que nos proporciona un valor relativo de la anchura del rodete.

$c'/g$ : Coeficiente que proporciona un valor relativo de la longitud del ojo.

$(C3-C'3)/G$ : Coeficiente que proporciona un valor relativo de la anchura ocular.

$\alpha$ : Punto de inflexión sagital de la sutura facial. Véase figura 3.

#### RELACIONES PARAMÉTRICAS DE PARADOXIDES MUREOENSIS. SDZUY, 1958

Es necesario establecer una relación entre los datos obtenidos a través de la cuantificación biométrica y las descripciones generales dadas por los autores para la especie objeto de este estudio.

En la tabla I están expresadas las relaciones paramétricas de los ejemplares más representativos desde el punto de vista biométrico pertenecientes a la especie *P. mureoensis*.

Así, los ojos de esta especie se encuentran muy próximos a los surcos dorsales y la media de las medidas  $(C3-C'3)/G$ , nos indica un valor próximo a 0,30 veces el de la glabella, dato que coincide con la estimación cuantitativa dada en su diagnosis.

Dentro del cráneo cada fixigena ocupa algo más de la mitad de la anchura glabellar, esto es  $(C3-G)/C3$ , es igual a 0,68.

Nuestros valores coinciden con los dados por SDZUY (1961) en lo referente a la relación entre el rodete y el cráneo; para este autor la relación es de 1/10 y para nosotros  $(c-g)/c$  es igual a 0,16.

Aparte de estas relaciones establecidas por SDZUY (1961), hemos obtenido otros caracteres

biométricos, de los cuales no sólo calculamos la media, sino también la desviación típica:

$C1/C3$ :  $1,02 \pm 0,084$ ; dato que coincide con el de GIL CID en 1984 ( $AB/CD=1$ ).

$C1/c$ :  $1,37 \pm 0,79$ .

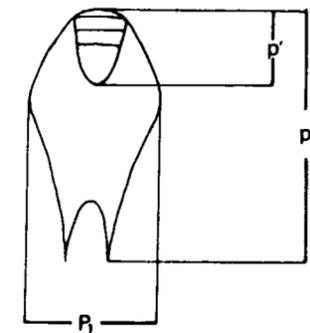
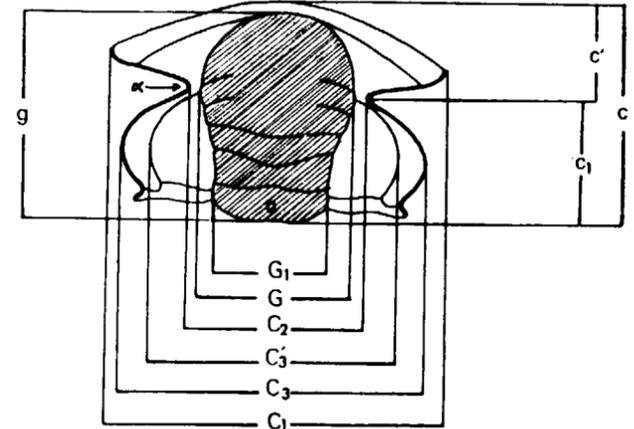


Figura 3.—Denominación de las medidas tomadas sobre los ejemplares.

- $C1$ : Anchura craneal anteroexterna.
- $C2$ : Anchura craneal prepalpebral.
- $C3$ : Anchura craneal palpebral externa.
- $C'3$ : Anchura craneal palpebral interna.
- $c$ : Altura craneal.
- $c'$ : Altura craneal del rodete.
- $c1$ : Altura genosutuperiocular.
- $G$ : Anchura glabellar.
- $G1$ : Anchura glabellar occipital.
- $g$ : Altura glabellar.
- $p$ : Altura pigidial.
- $p'$ : Altura pigidial raquidial.
- $P1$ : Anchura pigidial.
- $\alpha$ : Punto de inflexión (sag.) de la sutura facial.

TABLA I

Relaciones paramétricas obtenidas sobre el cefalón (s.l.) de algunos de los ejemplares de *Paradoxides mureroensis* SDZUY 1958 estudiados

C <sub>1</sub> /C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> /c	C <sub>3</sub> /c	C' <sub>3</sub> /C <sub>3</sub>	c'/c <sub>1</sub>	G <sub>1</sub> /C <sub>3</sub>	G <sub>1</sub> /G	G/g	$\frac{C_2 - G}{C_2}$	$\frac{C_1 - C_1}{G}$	c'/g	$\frac{c-g}{c}$	$\alpha$
0,97	1,29	1,26	0,83	0,96	0,38	0,82	0,42	0,82	0,08	0,55	0,30	72°
0,99	1,56	1,41	0,89	0,95	1,12	0,74	0,48	0,54	0,08	0,56	0,16	70°
1,16	1,06	1,11	0,82	1,13	0,81	0,45	0,36	0,24	0,09	0,58	0,22	74°
0,99	1,63	1,66	0,81	1,32	1,15	1,17	0,51	0,67	0,14	0,67	0,32	70°
1,02	1,71	1,66	0,79	1,01	1,15	0,78	0,49	0,59	0,08	0,55	0,32	70°
0,98	1,11	1,12	0,81	1,12	0,70	0,85	0,44	0,94	0,17	0,64	0,36	75°
1,04	1,42	1,36	0,79	1,03	0,91	0,72	0,46	0,62	0,08	0,55	0,33	74°
1,14	1,45	1,12	—	0,66	0,89	0,43	0,60	0,28	0,06	0,64	—	70°
—	—	—	0,83	—	0,77	0,70	0,40	0,75	—	0,52	0,29	—
0,98	1,51	1,48	0,82	1	0,68	0,27	0,36	0,91	0,11	0,54	0,34	75°
1,09	1,69	1,55	0,84	1,01	0,80	1,13	0,51	0,55	0,11	0,19	0,20	74°
0,89	1,31	1,11	0,84	0,69	—	—	0,44	—	0,53	—	—	72°
1,11	1,63	1,46	—	0,87	0,82	0,79	0,49	0,13	—	0,04	0,66	70°
—	—	—	0,80	—	0,79	0,48	—	0,90	—	0,50	0,38	—
—	—	1	0,92	0,30	0,84	0,63	0,30	0,73	0,08	0,83	0,13	72°
1,02	1,12	1,15	0,78	0,89	0,83	0,55	0,46	0,79	0,12	0,61	0,39	70°
—	—	—	—	—	0,86	0,51	—	—	—	0,63	—	—
0,88	1,27	1,45	0,86	0,90	0,81	0,72	0,39	0,88	0,05	0,54	0,29	75°

C<sub>3</sub>/c: 1,35 ± 0,26.

C'<sub>3</sub>/C<sub>3</sub>: 0,83 ± 0,03.

c'/c<sub>1</sub>: 0,91 ± 0,23.

G<sub>1</sub>/C<sub>3</sub>: 0,44 ± 0,07; dato análogo al dado por GIL CID en 1984 (IJ/CD=1/2).

c'/g: 0,54 ± 0,03.

$\alpha$ : 70° - 75°.

Comprobamos que la glabela aumenta sus proporciones en sentido sagital (G<sub>1</sub>/G: 0,838 ± 0,18); comparada su anchura con su altura, G/g, nos indica que esta anchura es igual a 0,48 veces la altura.

#### CONCLUSIONES

Hemos observado que el elemento morfológico

que nos puede plantear dudas a la hora de la identificación específica es el cranidio, debido a su similitud con otros elementos homólogos del género *Paradoxides* (por ejemplo, *P. pradoanus*, *P. pinus*, etc.).

Estas cuestiones pueden resolverse a través de las características cuantitativas y cualitativas que nosotros proponemos y que son las siguientes:

- Presencia de dos surcos glabulares.
- Rodete frontal arqueado que aumenta su anchura hacia los bordes.
- El lóbulo ocular se inicia por encima del surco S<sub>2</sub>, al principio de forma difusa y después bien marcado.
- Presencia un tubérculo occipital.

— Relación C<sub>1</sub>/C<sub>3</sub>: 1,02 ± 0,08.

— Relación c'/c<sub>1</sub>: 0,91 ± 0,23.

— Relación G<sub>1</sub>/C<sub>3</sub>: 0,44 ± 0,07.

— Angulo  $\alpha$ : 70° - 75°.

En un estado de conservación óptimo, con sólo tres de los parámetros citados anteriormente, es posible llegar a determinar con fiabilidad la especie *P. mureroensis*. Sin embargo, debido al estado incompleto de la mayoría del material fósil es conveniente el empleo de los caracteres propuestos para obtener una identificación específica correcta. De esta forma se puede determinar con una aproximación satisfactoria la especie estudiada.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Prof. Quintero el haber puesto a nuestra disposición los ejemplares del género *Paradoxides* depositados en el Instituto Geológico y Minero de España.

También expresamos nuestro agradecimiento a U. Martín Castellanos por su trabajo fotográfico.

(Datos obtenidos de la Tesis de Licenciatura de doña Amelia Calonge, bajo la dirección de la doctora Gil Cid. Mayo de 1985.)

#### BIBLIOGRAFIA

- BADILLO, L. (1959): *Catálogo de las especies fósiles del Museo del Instituto Geológico y Minero de España*. Notas y Com. Inst. Geol. Min. España, núm. 35, Madrid.
- CALONGE, A. (1987): *Identificación del Paradoxides pradoanus*

basada en datos cuantitativos. Bol. Geol. Min., 98, 43,49, Madrid.

COURTESOLE, R. (1973): *Le Cambrien moyen de la Montagne Noire. Biostratigraphie*. Laboratoire de Géologie CEARN de la Faculté des Sciences de Toulouse, 293 pp., Toulouse.

GIL CID, D. (1970): *Notas sobre los nuevos yacimientos de Trilobites del Cámbrico Medio de Murero*. Est. Geol., 26, 163-172, Madrid.

GIL CID, D. (1984): *El género Paradoxides en España; sus especies y posición estratigráfica (Parte I)*. Iberia-Symposium, Darmstadt.

GIL CID, D.; LÓPEZ FERRERES, S. & CALONGE, A. (1984): *Estudio cuantitativo del exoesqueleto del género Paradoxides HAWLE & CORDA 1847 (Trilobita)*. Memoria III Congreso Latinoamericano de Paleontología, 10-17, México.

LOTZE, F. (1961): *Das Kambrium Spaniens. Teil I: Stratigraphie*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Math.-Naturw. Kl., 6, 216, Mainz.

ROSOVA, A. B. & ROSOV, C. H. (1975): *Paleontología morfológica*. Nauka, 244 pp., Moscú.

SDZUY, K. (1961): *Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten*. Akad. Wiss. Lit. Abh. Math.-Naturw. Kl., 7 (8), 217-408, Mainz.

SDZUY, K. (1967): *Trilobites del Cámbrico Medio de Asturias*. Trab. Geol. Univ. Oviedo, 1, 77-133, Oviedo.

SDZUY, K. (1971): *La subdivisión biostratigráfica y la correlación del Cámbrico Medio de España*. Publ. I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ., 2 (Sec. I), 753-768, Madrid.

SHAW, A. B. (1957): *Quantitative Trilobite studies II. Measurement of the dorsal shell of Non-Agnostidean Trilobites*. Journ. Paleont., 31 (1), 193-207.

TEMPLE, J. T. (1973): *Standardisation of Trilobite orientation and measurement*. Fossils and Strata, 4, 461-467, Oslo.

TEMPLE, J. T. & TRIPP, R. P. (1979): *An investigation of the Encrinurinae (Trilobita) By numerical taxonomic methods*. Royal Soc. Edinburgh, 70, 223-250, Edinburgh.

Recibido: Octubre 1987

# Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (3.ª Parte: Oxidación de paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice)

Por J. A. LOPEZ GARCIA (\*)

## RESUMEN

En este trabajo (parte III) se estudian las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena, que proceden de la alteración supergénica de mineralizaciones estratiformes con paragénesis de sulfuros-carbonatos-sílice.

## ABSTRACT

This paper (part III) deals with the oxidation zones of the Fe-Pb-Zn ore deposits from Sierra of Cartagena. These ores were formed by supergene alteration of stratabound mineralized bodies, whose original paragenesis included: sulphides-carbonates and silica.

## 1. INTRODUCCION

Las mineralizaciones tipo manto, existentes en la Sierra de Cartagena, presentan dos paragénesis primarias diferentes:

- Paragénesis con magnetita-greenalita-sulfuros-carbonatos y sílice.
- Paragénesis con sulfuros-carbonatos y sílice.

En el trabajo anterior, se han estudiado los procesos de oxidación de las paragénesis primarias tipo A. En esta parte del trabajo, se aborda el estudio de la oxidación de las mineralizaciones tipo manto, con paragénesis de sulfuros-carbonatos y sílice.

## 2. OXIDACION DE PARAGENESIS CON SULFUROS-CARBONATOS Y SILICE

Las mineralizaciones tipo manto, con paragénesis de sulfuros-carbonatos y sílice presentan una

mineralogía compuesta por pirita, marcasita, galena, esfalerita y calcopirita como minerales principales, así como otros sulfuros y sulfosales en menor proporción. Los minerales que componen la ganga son: cloritas, carbonatos y sílice principalmente (OEN et al., 1975).

La mineralogía de las zonas oxidadas está compuesta por óxidos de hierro y manganeso principalmente, con cantidades menores de sulfatos como anglesita y jarositas, carbonatos como cerusita y smithsonita, cuarzo, calcedonia y cloritas.

### Descripción de la zona

Se han estudiado oxidaciones procedentes de paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice, pertenecientes al primer y segundo manto mineralizados.

El primer manto, aparece raramente oxidado, ya que normalmente su emplazamiento en profundidad le ha preservado de la alteración.

En la zona estudiada, por medio de testigos de sondeos, aparecen óxidos dolomíticos, junto a una falla, que ha facilitado la circulación de agua y

la oxidación en profundidad, dando lugar a zonas alteradas de pequeña extensión. Separado de la zona alterada por esta falla, aparece el primer manto mineralizado sin alterar (fig. 1).

El segundo manto oxidado se ha estudiado en el estrecho de San Ginés (fig. 2), donde el manto que afloraba en superficie ha sido completamente alterado, dando lugar a una zona de oxidación, que ya ha sido objeto de un estudio preliminar (LÓPEZ GARCÍA y LUNAR, 1983).

Se han estudiado, conjuntamente ambas zonas, ya que presentan características comunes de alteración, aunque en la zona de El Estrecho, la alteración está más evolucionada.

### Mineralogía y texturas

De igual forma que en el caso de la paragénesis grenalita-magnetita, a continuación se describen

los procesos de oxidación de los diferentes minerales, de la paragénesis primaria.

### Pirita

Es el mineral más abundante en esta paragénesis, junto con marcasita. Se encuentra, tanto en granos idiomorfos de tamaño muy variado como en forma masiva.

Esta pirita masiva y de grano fino comienza a oxidarse en los primeros estadios, por bordes de grano y centro de los cristales, avanzando la alteración hasta la completa transformación a goethita.

El hierro disuelto en la alteración de pirita puede ser depositado «in situ», dando lugar a texturas pseudomorfas de pirita o bien ser transportado, antes de su redeposición, como goethita ma-

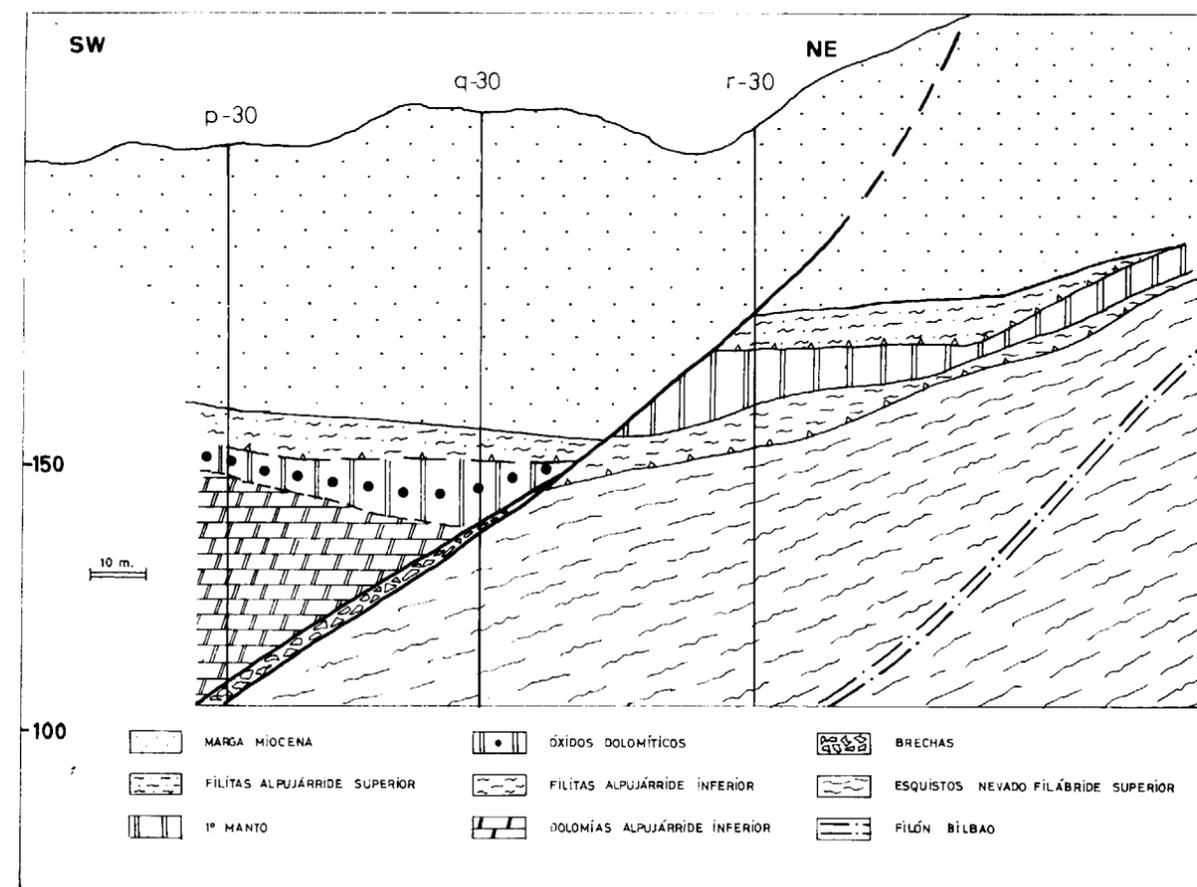


Figura 1.—Corte geológico de Buen Consejo-Julio César, donde se recogieron las muestras de óxidos dolomíticos.

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

siva y coloidal; en este caso no quedan texturas réplica de la pirita preexistente.

#### Marcasita

Es un mineral abundante en la mineralización primaria, junto con la pirita, con la que puede formar intercrecimientos. Las texturas de marcasita son generalmente de cristales alargados, originando formas bandeadas, frecuentemente intercrecidas con los carbonatos presentes en la mineralización (fig. 3.A).

La oxidación de marcasita, deja texturas pseudomorfas, que conservan perfectamente la forma bandeada, transformada en una mezcla de hematites y goethita, mientras que los carbonatos han sido completamente disueltos (fig. 3.B). En la zona de El Estrecho son especialmente abundantes

estas texturas réplica de marcasita, que están definidas como «texturas bandeadas» en el trabajo de LÓPEZ GARCÍA y LUNAR (1983).

#### Pirrotina

Este sulfuro es abundante en zonas locales, dentro de la mineralización (LÓPEZ GARCÍA y LUNAR, 1981). Se transforma generalmente a marcasita y no directamente a goethita; se encuentran texturas típicas de «ojos de pájaro» originadas por esta alteración (fig. 3.C). Las formas redondeadas a veces se conservan en la zona de oxidación, donde han sido transformadas a hematites y goethita (fig. 3.D).

#### Galena

Se presenta dispersa en la mineralización pri-

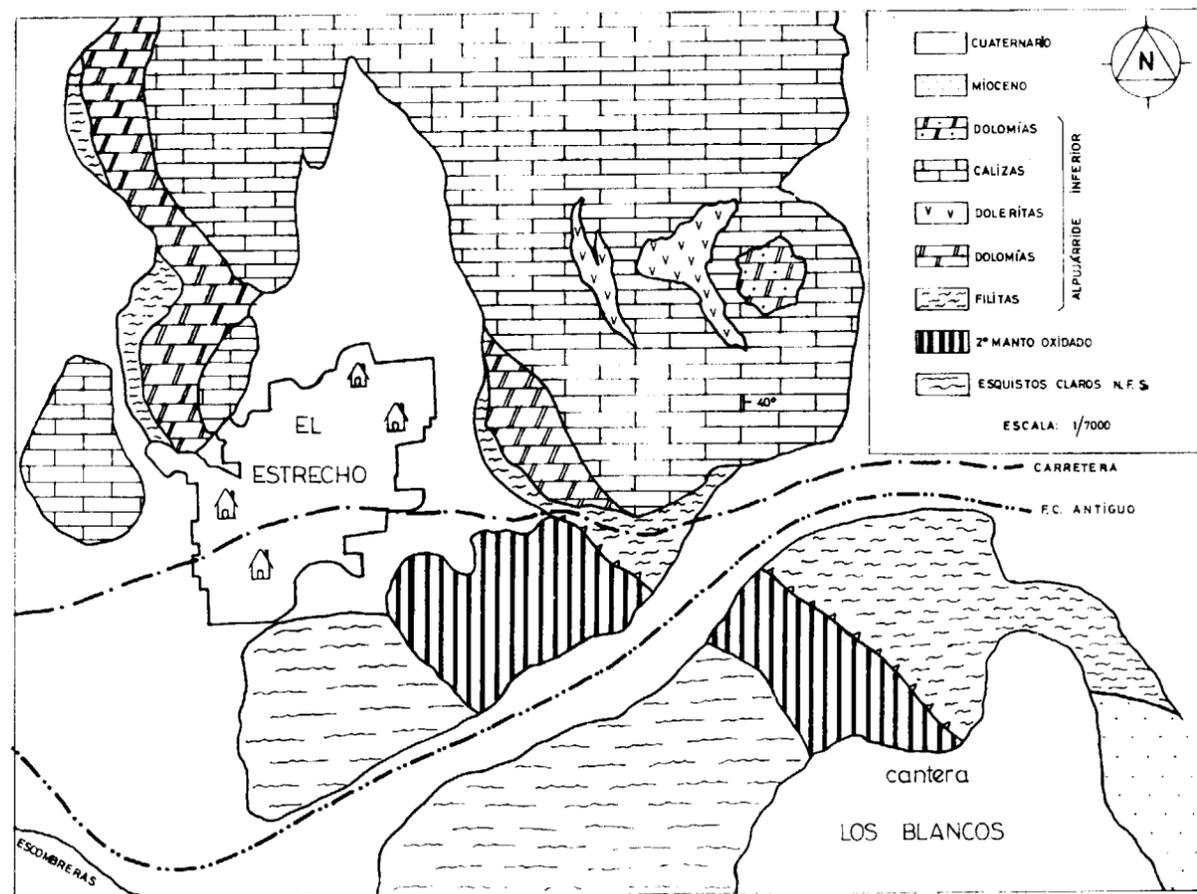


Figura 2.—Esquema geológico de la zona de oxidación de El Estrecho de S. Ginés.

maria y asociada generalmente a esfalerita. Su proceso de oxidación y transformación en cerusita y anglesita ya ha sido descrito en el anterior trabajo. En estas zonas de oxidación se producen dos tipos de minerales secundarios de plomo, a partir de la alteración de galena: cerusita y anglesita cuando no hay transporte del plomo; y un segundo grupo de minerales formado por coronaditas y jarosita, cuando existe una disolución y un transporte de este elemento (fig. 3 E y F).

Cerusita y anglesita se encuentran principalmente en zonas donde la alteración no es muy avanzada y en los niveles carbonatados, siendo en todos los casos la anglesita menos abundante que la cerusita.

El mineral más abundante de plomo en estas zonas de oxidación es la coronadita, presente en la mayoría de las muestras estudiadas, donde suele encontrarse mostrando texturas coloidales. La jarosita es también abundante pero solamente en zonas locales, especialmente en El Estrecho, donde la oxidación es más avanzada; normalmente, aparece con texturas de relleno de huecos y fisuras, dejados por la goethita. Se han encontrado escasas texturas réplicas de galena.

La plata liberada, con la alteración de la galena, se deposita como plata nativa dentro de goethitas coloidales; es posible que en algún caso dé lugar a la formación de querargirita.

#### Esfalerita

Asociada a la galena y en ocasiones intercrecida con marcasita en la mineralización primaria. Al ser alterada, puede dejar texturas réplica, en su transformación a goethita. El cinc liberado en esta oxidación es transportado en disolución; una parte de él queda en la zona de oxidación, bien incluido en los óxidos de manganeso, principalmente calcofanita y en otros óxidos de manganeso con menores contenidos en cinc, o formado smithsonita en determinados niveles.

Otra parte del cinc es transportada fuera de la zona de oxidación.

#### Calcopirita y otros sulfuros y sulfosales

Que aparecen de manera accidental en la mine-

ralización primaria, son también alterados sin que queden pseudomorfos en la zona de oxidación. No se han encontrado sulfuros secundarios de cobre en esta zona, aunque sí está citada su presencia en niveles del yacimiento primario con alteración incipiente (LÓPEZ GARCÍA y LUNAR, 1981).

#### Carbonatos

KAGER (1980) cita la presencia de carbonatos hipogénicos con diferente composición química; el más abundante es siderita con contenidos variables en manganeso y cinc. La alteración de los carbonatos comienza por los planos (1011), con transformación a goethita, parte del hierro y manganeso procedentes de la siderita son depositados «in situ» dejando texturas réplica de los carbonatos y otra parte es disuelta y transportada, siendo posteriormente depositada como óxidos de hierro y manganeso, con diferentes contenidos en otros cationes. Las texturas pseudomorfas de carbonatos pueden ser borradas posteriormente por la goethita.

#### Moscovita y clorita

Procedentes de las rocas encajantes y de la mineralización primaria, permanecen en la zona de oxidación empastadas por los óxidos.

#### Sílice

Se presenta en forma de cuarzo y calcedonia procedentes de la mineralización primaria y de la alteración de los silicatos. El cuarzo que acompaña a los sulfuros permanece en la zona de oxidación empastado por los óxidos que han sustituido a la mineralización primaria (fig. 3.G y H).

#### Oxidos de titanio

Se encuentran dispersos en la zona de oxidación, procedentes de la alteración de las rocas volcánicas; son ilmenitas que permanecen sin alterar, o bien rutilo y anatasa, procedentes de la alteración de aquella.

La alteración de la paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice da lugar a unas zonas oxidadas compuestas por:

*Goethita*

Procedente de la oxidación de los sulfuros de hierro, así como de siderita. Se pueden distinguir, al igual que en las otras zonas de oxidación estudiadas, dos generaciones de goethita: una formada en los primeros estadios de la alteración, que deja texturas réplica de los minerales primarios; y una segunda generación, más tardía, con texturas coloidales y masivas que envuelve los minerales formados anteriormente.

*Hematites*

Procede de la alteración de marcasita, y en menor cantidad de la deshidratación de goethita en zonas cercanas a la superficie, debido al clima árido. También puede proceder de la destrucción de jarosita, depositada anteriormente.

*Oxidos de manganeso*

El manganeso procedente de la alteración de los carbonatos es disuelto y redepositado como óxidos, generalmente con texturas coloidales, en los últimos estadios de la oxidación. Hay una gran variedad de óxidos de manganeso con diferente composición química. Mediante estudio de las propiedades ópticas, difracción de rayos X y microsonda electrónica, se han reconocido los siguientes:

*Psilomelana y pirolusita*

Son los más abundantes y se presentan con texturas coloidales variadas. Suelen depositarse en bordes de goethita en los últimos estadios de la oxidación.

*Coronadita*

Oxidos de manganeso y plomo; se presentan con texturas coloidales y englobados en ocasiones por goethita masiva. Se han encontrado en este mineral cantidades menores de otros elementos químicos, como aluminio y cinc (fig. 3.E); los contenidos en cinc generalmente son menores en el núcleo y aumentan hacia los bordes de las texturas coloidales.

El contenido en otros elementos de la coronadita es inferior siempre al 5 por 100 en peso.

En diferentes análisis químicos de coronadita citados por ROY (1981), este mineral nunca tiene un contenido en plomo superior al 30 por 100 en peso; mientras que todas las coronaditas analizadas en esta zona, tienen un contenido en plomo superior al 35 por 100, y están más acordes con los contenidos en plomo de la coronadita de la zona de oxidación de Broken Hill (VAN MOORT et al., 1982).

*Calcofanita*

Oxido de manganeso y cinc. Es menos abundante que la coronadita, aparece dispersa en la mineralización y concentrada en los niveles ricos en cinc.

RADTKE et al. (1967) citan en Nevada (U.S.A.) calcofanita argentífera (Aurorita), en la que el cinc ha sido sustituido por plata. En esta zona, no ha sido reconocida la presencia de este elemento en los análisis por microsonda de las calcofanitas; que tienen un contenido medio en cinc del 20 por 100.

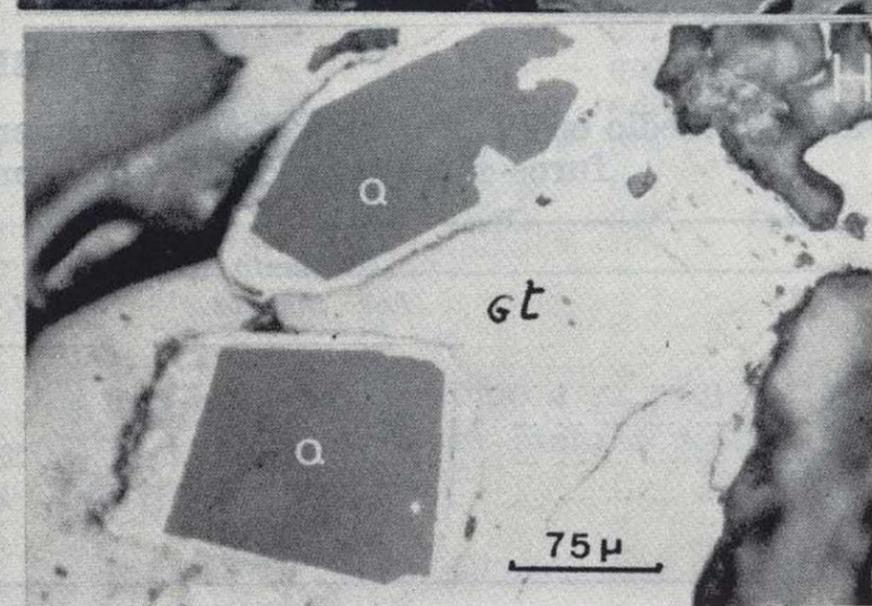
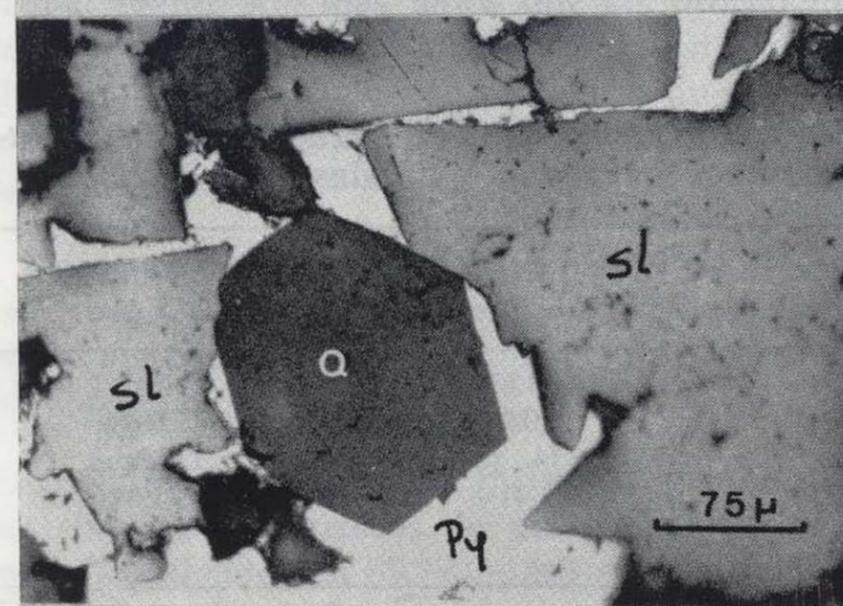
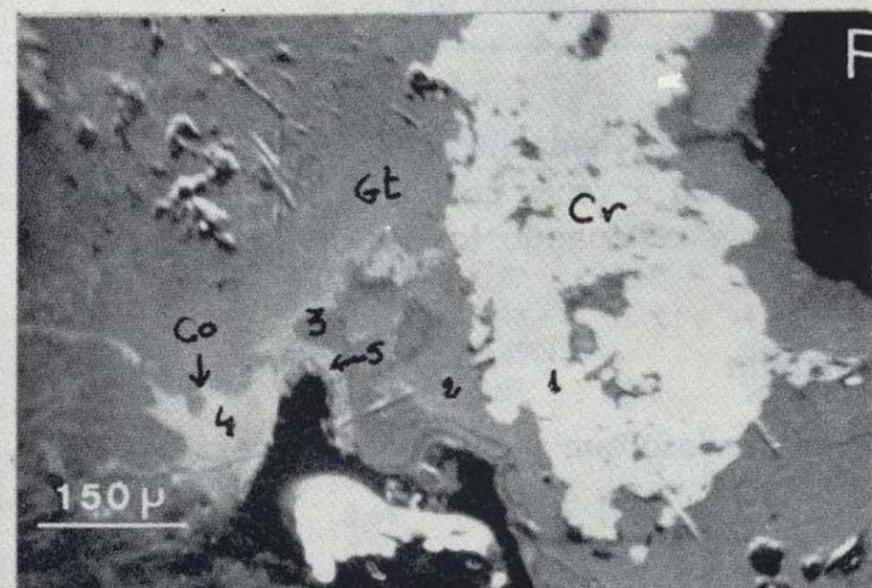
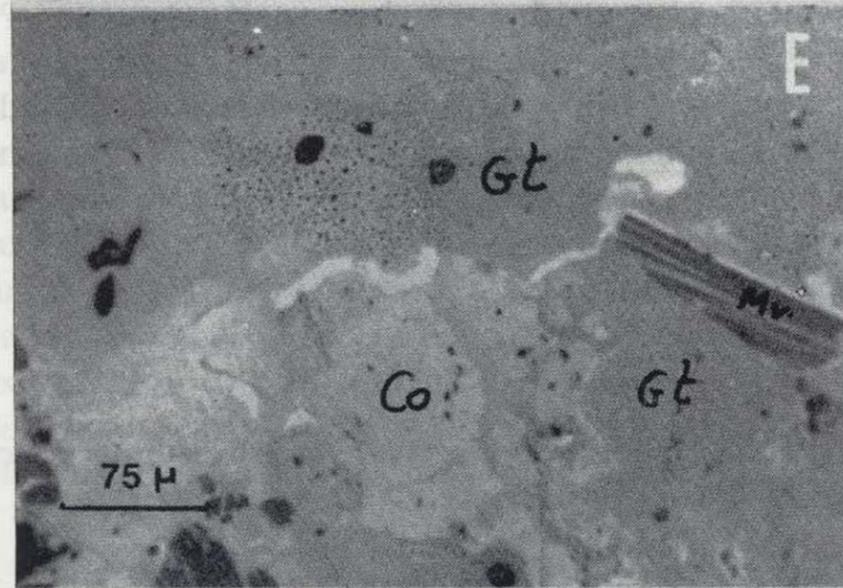
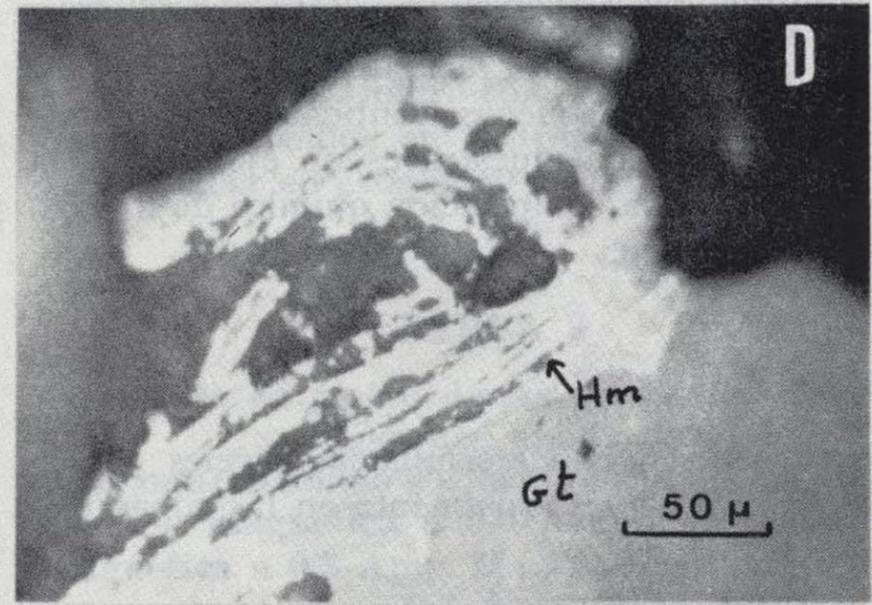
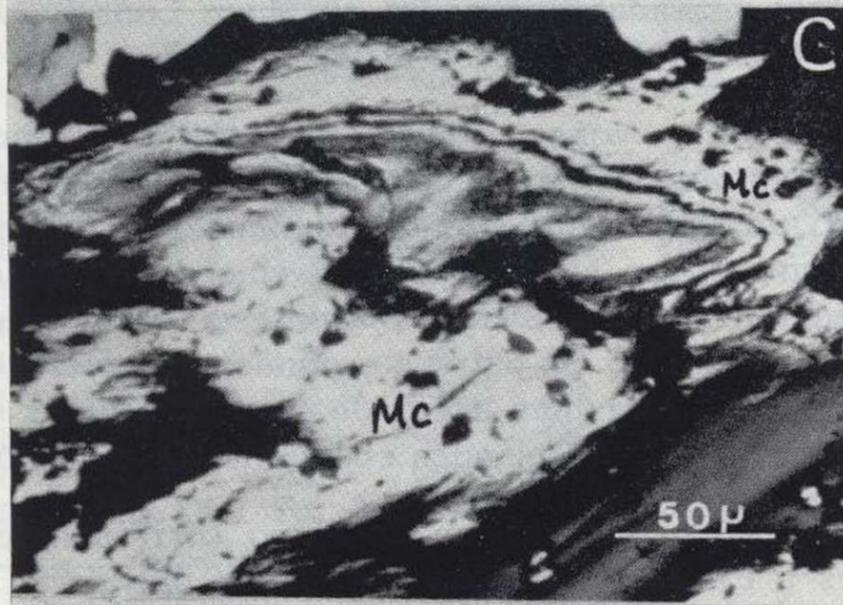
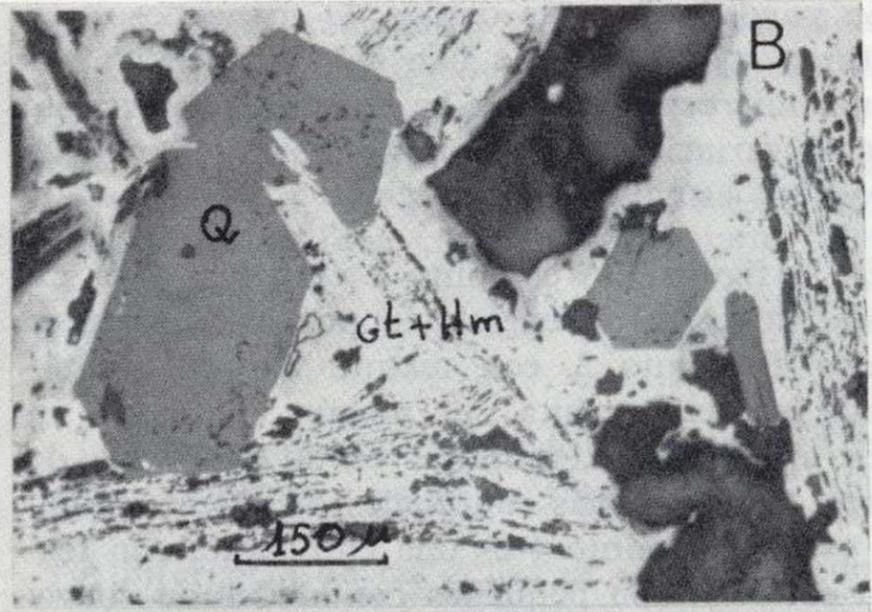
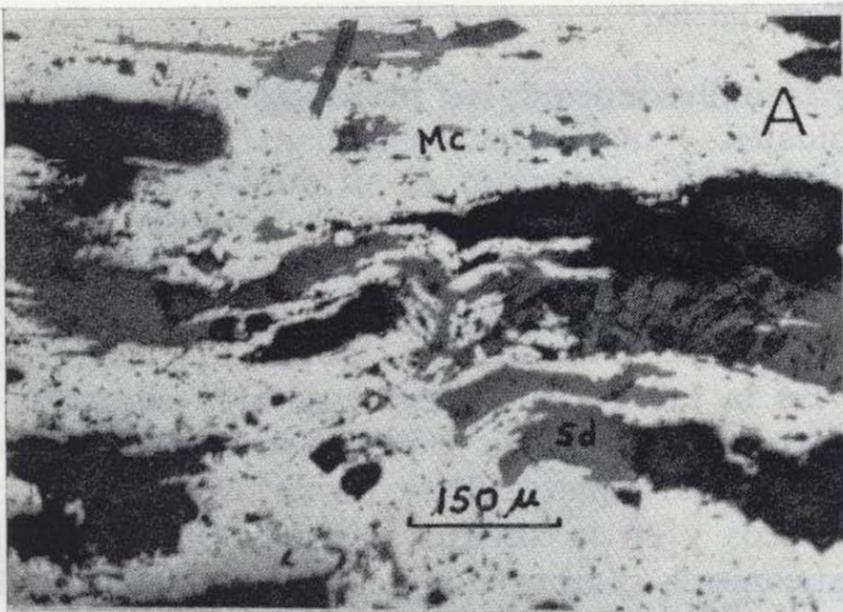
*Oxidos de manganeso con hierro*

En diversos análisis cualitativos de óxidos de manganeso, se encuentran cantidades variables de hierro, y ocasionalmente otros elementos como silicio, aluminio y cinc. Por sus características ópticas, pensamos que se podría corresponder a criptomelanas sin potasio.

Figura 3

- A) Bandeados de marcasita (Mc) asociada a siderita (Sd) en la mineralización primaria de Los Blancos. L.R.
- B) Texturas bandeadas de goethita (Gt) y hematites (Hm) pseudomorfos de marcasita. L.R.
- C) Marcasita (Mc) con texturas «ojos de pájaro» pseudomorfa de pirrotina. L.R.
- D) Bandeado de hematites (Hm) y goethita (Gt), con texturas pseudomorfas de pirrotina. L.R.
- E) Coronadita (Co) y moscovita (Mv) en una masa de goethita (Gt). L.R.
- F) Cristal de cerusita (Cr) bordeado por goethita (Gt), óxidos de hierro y manganeso (3 y 5) y coronadita (Co) analizados por medio de microsonda electrónica. L.R.
- G) Cuarzo idiomorfo (Q) rodeado de esfalerita (Sf) y pirita (Py). L.R.
- H) Cuarzo idiomorfo (Q), rodeado por goethita (Gt) con texturas coloidales. L.R.





Se pueden observar óxidos de manganeso con texturas coloidales, que han sido analizados mediante microsonda, y que ha puesto de manifiesto la gran variación en la composición química que presentan estos óxidos.

En la figura 3.F, el punto 1 corresponde a un cristal de cerusita, englobado por los diferentes óxidos. El punto 2, con textura masiva, corresponde a una goethita sin ningún contenido en otros elementos. El punto 3 es un hidróxido de hierro, con pequeñas cantidades de silicio, aluminio y cinc. El punto 4 es una coronadita con textura coloidal, con pequeñas cantidades de cinc y hierro (3%). El punto 5, que corresponde a la banda que rodea a los restantes, es un óxido de manganeso con pequeñas cantidades de plomo, hierro y cinc. Esta muestra es un ejemplo de la variabilidad de la composición química de los óxidos de esta zona.

#### Cerusita y anglesita

Se concentran en determinados niveles de las zonas oxidadas, y especialmente en las zonas menos evolucionadas.

#### Jarosita

Se encuentran concentradas en diversos niveles, alternando a veces con óxidos de manganeso y goethita, y rellenando los huecos de ésta.

#### Smithsonita

Mineral escaso que se encuentra esporádicamente en niveles ricos en cinc.

#### Plata nativa

Ya se ha indicado su presencia en goethitas coloidales.

#### Distribución geoquímica del Fe, Pb, Ag y Zn

En la tabla 1 están expresadas la composición geoquímica media de la paragénesis primaria, con sulfuros-carbonatos-silice, en la cantera de Los Blancos y en la antigua mina de Buen Consejo; así como la composición geoquímica media de las zonas oxidadas analizadas en Buen Consejo, Julio César y El Estrecho de San Ginés.

En ambas zonas se puede observar un enriquecimiento en hierro en la zona oxidada, y asimismo un ligero aumento del contenido en plomo; mientras que el contenido en cinc desciende de manera variable, siendo mayor esta disminución en la zona de El Estrecho, donde el proceso de oxidación está más avanzado. Los contenidos en plata también descienden en la zona de oxidación.

En algunas muestras de mano correspondientes a El Estrecho y en un sondeo que corta el primer manto oxidado, se han analizado el Fe, Pb, Ag y Zn en las diferentes fracciones obtenidas en el proceso de separación magnética, así como del residuo, con tamaño de grano menor de 0,12 mm., obtenido en el proceso de molienda previo a la separación magnética.

#### Hierro

Los contenidos en hierro de las diferentes muestras y fracciones, están expresados en la tabla 2.

**TABLA 1**

**Contenido medio en Pb, Zn, Ag y Fe de las mineralizaciones primarias con paragénesis de sulfuros-carbonatos-silice y sus correspondientes zonas oxidadas.**

	2.º Manto Los Blancos	1.º Manto J. César	2.º Manto Ox. El Estrecho	1.º Manto Ox. J. César
Pb ... ..	1,5%	1,4%	1,61%	1,53%
Zn ... ..	3,5%	3,4%	0,95%	3,09%
Ag ... ..	20 ppm	20 ppm	14 ppm	17 ppm
Fe ... ..	22,8%	17,25%	41%	21,8%
	(sulfuros)	Id.		

**TABLA 2**

**Contenidos en hierro de las diferentes muestras y fracciones analizadas.**  
0,12 mm: Residuo de la molienda. N.M.: Fracción no magnética a 0,5 Amp. I: Fracción no magnética a 0,3 Amp. M: Fracción magnética a 0,3 Amp.

Fracción Muestra	Todo Uno	0,12 mm.	N.M.	I	M
1.º Manto					
990-q-30					
67-70 m. ... ..	13,19	15,45	6,38	28,10	28,60
70-72 m. ... ..	14,04	27,90	6,90	19,40	44,95
72-76 m. ... ..	29,68	42,50	—	45,15	46,40
78,4-78,8 m. ... ..	18,94	37,60	9,64	39,50	42,10
2.º Manto					
El Estrecho 1.	39,45	48,60	4,40	47,50	53,65
El Estrecho 2.	48,75	50,20	7,38	43,10	53,13
El Estrecho 3.	25,13	26,00	7,95	21,53	38,65
El Estrecho 4.	40,09	36,60	2,45	18,85	52,60
El Estrecho 5.	25,53	25,90	3,85	17,75	33,95
El Estrecho 6.	36,71	36,50	3,71	28,95	46,30
El Estrecho 7.	39,35	33,90	3,48	20,95	45,60
El Estrecho 8.	49,75	25,10	5,60	21,25	55,12
El Estrecho 9.	47,20	23,50	5,60	21,58	53,00
El Estrecho 10.	48,00	43,30	4,62	17,02	41,70

En las muestras de los testigos de sondeos, del primer manto oxidado, los análisis del todo uno, que pertenecen a un tramo de espesor variable, no son concordantes con los resultados de las distintas fracciones, que están hechos sobre determinados niveles del tramo, con mayor presencia de óxidos, por lo que los análisis de las fracciones del residuo menor de 0,12 mm. son los más fiables para estas muestras.

Los contenidos en hierro de las muestras del primer manto son más bajos que las procedentes del segundo manto, debido a que en esta zona la alteración está menos evolucionada, quedan aún restos de los carbonatos primarios, y hay una menor lixiviación.

El hierro se concentra lógicamente en la fracción magnética, quedando en la fracción no magnética contenidos en hierro menores al 10 por 100 en peso.

Los minerales que integran la fracción intermedia son goethita, óxidos de manganeso con diferentes contenidos en hierro, y localmente jarosita.

La fracción magnética contiene principalmente hematitas y goethita y de manera local, óxidos de manganeso y jarosita.

La fracción no magnética contiene pequeñas cantidades de goethita, clorita y localmente siderita.

#### Plomo

Los contenidos en plomo de las diferentes muestras y fracciones, están expresados en la tabla 3.

A diferencia de las zonas de oxidación con paragénesis de grenalita-magnetita, las mayores concentraciones de plomo en la paragénesis se dan en las fracciones intermedia y magnética, con pequeños contenidos en la fracción no magnética; la presencia en esta zona de cerusita y anglesita

**TABLA 3**

**Contenido en plomo de las diferentes muestras y fracciones analizadas.**  
0,12 mm: Residuo de la molienda. N.M.: Fracción no magnética a 0,5 Amp. I: Fracción no magnética a 0,3 Amp. M: Fracción magnética a 0,3 Amp.

Fracción Muestra	Todo Uno	0,12 mm.	N.M.	I	M
1.º Manto					
990-q-30					
67-70 m. ... ..	0,97	0,87	0,31	1,90	1,32
70-72 m. ... ..	0,82	4,48	1,25	4,68	5,22
72-76 m. ... ..	6,15	6,45	—	5,60	3,47
78,4-78,8 m. ... ..	1,25	1,47	0,51	1,16	1,54
2.º Manto					
El Estrecho 1.	1,15	1,10	0,09	0,83	1,25
El Estrecho 2.	2,64	3,00	0,38	2,69	2,49
El Estrecho 3.	0,97	0,98	0,28	0,86	1,75
El Estrecho 4.	0,89	0,73	0,05	0,58	1,05
El Estrecho 5.	5,52	3,93	0,27	7,95	5,01
El Estrecho 6.	2,24	2,15	0,20	4,24	2,36
El Estrecho 7.	0,37	0,37	0,05	0,27	0,38
El Estrecho 8.	1,05	1,02	0,08	0,42	1,04
El Estrecho 9.	0,60	0,73	0,07	0,43	0,73
El Estrecho 10.	0,67	0,72	0,02	1,68	1,09

es más limitada, y debido a su pequeño tamaño de grano se concentran junto a goethita en las fracciones intermedias.

Los minerales principales que componen las

fracciones ricas en plomo son óxidos de manganeso, principalmente coronadita y en menor proporción se encuentran otros óxidos con plomo. En la zona de oxidación del yacimiento de Heure (Bélgica), el 40 a 50 por 100 de plomo va también asociado a los óxidos de manganeso (de WALQUE et al., 1983). La jarosita puede llegar a ser un mineral mayoritario en estas fracciones, en determinados niveles, concentrándose también en las fracciones intermedia y magnética.

Así pues, el plomo está concentrado en esta zona de oxidación en las fracciones intermedia y magnéticas, siendo escasa su presencia en la fracción no magnética.

#### Plata

Los contenidos en plata de las diferentes muestras y fracciones están expresados en la tabla 4.

El contenido en plata de las muestras analizadas es más bajo que el de la mineralización primaria. En las muestras procedentes de los testigos de sondeos los contenidos en este elemento

**TABLA 4**

**Contenidos en partes por millón de plata en las distintas muestras y fracciones. 0,12 mm: Residuo de la molienda. N.M: Fracción no magnética a 0,5 Amp. I: Fracción no magnética a 0,3 Amp. M: Fracción magnética a 0,3 Amp.**

Fracción Muestra	Todo Uno	0,12 mm.	N.M.	I	M
1.º Manto					
990-Q-30					
67-70 m. ... ..	8	6	6	8	5
70-72 m. ... ..	8	6	10	7	5
72-76 m. ... ..	20	5	—	6	10
78,4-78,8 m. ... ..	26	12	33	13	8
2.º Manto					
El Estrecho 1.	5	7	6	6	6
El Estrecho 2.	10	11	4	15	9
El Estrecho 3.	2	3	2	5	6
El Estrecho 4.	4	4	2	10	5
El Estrecho 5.	62	58	6	84	78
El Estrecho 6.	35	35	4	72	40
El Estrecho 7.	5	6	2	8	8
El Estrecho 8.	4	4	2	4	3
El Estrecho 9.	10	9	4	6	8
El Estrecho 10.	7	8	2	18	14

son mayores al aumentar la profundidad, hecho que ya ocurría en las restantes zonas de oxidación estudiadas, y justificado por el hecho de que la plata desciende hacia la base de la zona de oxidación y se concentra en este nivel.

En las muestras del segundo manto, también los contenidos en plata son bajos con la excepción de dos muestras, que se presentan enriquecidas en este elemento; es posible que zonas más profundas de esta zona, presenten unos mayores contenidos en plata.

En cuanto a la concentración en las distintas fracciones, es bastante irregular. En las muestras del primer manto, los mayores contenidos se dan en la fracción no magnética, lo que hace pensar en la presencia de querargirita; mientras que en las muestras del segundo manto, la plata se concentra en las fracciones intermedia y magnética. En esta zona los mayores contenidos en plata se dan en las muestras ricas en jarosita; por lo que este elemento, además de presentarse como plata nativa, podría ir asociado a las jarositas. En cuanto a la presencia de plata en las calcofanitas, no hay ninguna correlación entre la plata y el cinc, por lo que no parece factible la entrada de este elemento en los óxidos de manganeso.

#### Cinc

Los contenidos en cinc de las distintas muestras y fracciones analizadas, están expresados en la tabla 5.

Los contenidos en cinc en estas zonas de oxidación, son más bajos que en la mineralización primaria; aunque en este caso se han encontrado concentraciones mayores que en las demás zonas de oxidación estudiadas. Esto se debe a dos factores: en primer lugar al mayor contenido de cinc en la mineralización primaria, y en segundo lugar a una mayor retención de este elemento en la zona de oxidación, debido a la formación de óxidos de manganeso.

En las zonas oxidadas con carbonatos, el cinc no se concentra como smithsonita, sino principalmente como calcofanita; y en cantidades menores asociado a otros óxidos de manganeso y hierro. Los niveles más ricos en cinc son ricos en calcofanita, y no hay niveles ricos en smithsonita.

**TABLA 5**

**Contenidos en cinc de las diferentes muestras y fracciones. 0,12 mm: Residuo de la molienda. N.M: Fracción no magnética a 0,5 Amp. I: Fracción no magnética a 0,3 Amp. M: Fracción magnética a 0,3 Amp.**

Fracción Muestra	Todo Uno	0,12 mm.	N.M.	I	M
990-q-30					
1.º Manto					
67-70 m. ... ..	1,03	1,19	0,46	0,30	1,80
70-72 m. ... ..	1,50	1,51	0,53	1,81	1,80
72-76 m. ... ..	6,00	2,49	—	2,31	2,30
78,4-78,8 m. ... ..	0,66	0,68	0,15	0,75	0,73
2.º Manto					
El Estrecho 1.	0,73	0,75	0,06	0,56	0,89
El Estrecho 2.	1,79	1,75	0,22	1,83	1,75
El Estrecho 3.	1,08	1,03	0,41	0,99	1,11
El Estrecho 4.	0,47	0,43	0,05	0,24	0,52
El Estrecho 5.	0,63	0,56	0,07	0,66	0,84
El Estrecho 6.	1,04	0,98	0,07	1,05	1,25
El Estrecho 7.	1,35	1,18	0,11	0,75	1,53
El Estrecho 8.	0,79	0,82	0,09	0,42	0,81
El Estrecho 9.	0,98	1,00	0,11	0,48	0,97
El Estrecho 10.	0,63	0,64	0,09	0,44	0,64

En la separación magnética, el cinc se concentra en las fracciones intermedia y magnética, mientras que la fracción no magnética es siempre pobre en este elemento, excepto en el caso en que se encuentra presente smithsonita en pequeñas concentraciones.

#### Evolución de la alteración

La mineralogía del yacimiento primario, compuesta por pirita y marcasita como minerales principales, y galena, esfalerita y calcopirita como accesorios junto con carbonatos y sílice como minerales más importantes de la ganga; dan lugar en su alteración, a una mineralogía diferente de las zonas estudiadas anteriormente.

En un primer estadio de alteración se produce en la oxidación de la pirita alotriomorfa y de la marcasita, minerales ambos muy abundantes. Esta oxidación da lugar a una acidificación del medio, con la consiguiente alteración de los restantes sulfuros y carbonatos. La alteración de marcasita deja abundantes texturas réplica.

En una segunda etapa se alteran los restantes sulfuros y carbonatos. La calcopirita se transforma en goethita y el cobre liberado en la oxidación es lixiviado y transportado, en su mayor parte, fuera de la zona de oxidación; sin que queden minerales secundarios de este elemento, cuando la oxidación está avanzada.

La alteración de galena da lugar, en este segundo estadio a la formación de anglesita y cerusita. Este último mineral persiste en las zonas oxidadas del primer manto donde la alteración está menos avanzada. En las áreas más evolucionadas, por el contrario, el continuo lavado no permite la persistencia de estos minerales, y el plomo se deposita en los óxidos de manganeso y hierro, mientras que la plata que contienen las galenas se deposita junto a goethita como plata nativa.

La esfalerita oxidada deja texturas réplicas en su transformación a goethita, y el cinc liberado es en parte lixiviado y en parte depositado con los óxidos de manganeso.

La pirita idiomorfa existente en la mineralización, se altera dejando buenas texturas réplicas.

En las zonas locales, con menor presencia de carbonatos, se va a producir una mayor acidificación del medio, con descenso del pH hasta valores cercanos a 3 y la formación de jarosita alternando con goethita y óxidos de manganeso.

Parte de esta jarosita es posteriormente alterada y transformada en hematites, con un estadio intermedio de formación de ferrihidrita; al igual que sucede en la zona de Las Lajas. Esta transformación de jarosita está descrita también en el yacimiento pirítico de Saint-Bel (SORNEIN, 1980). La jarosita puede contener diferentes cantidades de plomo y quizás pequeñas proporciones de plata.

Los carbonatos presentes en la mineralización son también oxidados y el manganeso que contienen es depositado como óxidos con contenidos variables en hierro, plomo y cinc.

La alteración de los carbonatos deja texturas réplica a veces borradas por la continua alteración. En las zonas de primer manto más profundas, donde la oxidación está menos avanzada, pueden quedar restos de los carbonatos de la mineralización primaria sin alterar, mientras en las

zonas más evolucionadas no quedan restos de ellos.

La sílice, así como las cloritas, se conservan en la zona de oxidación, empastados por la goethita.

Los carbonatos van a neutralizar en esta segunda etapa la acidificación, permitiendo la formación de texturas réplica y de cerusita. En estas zonas la mayor abundancia de sulfuros de hierro produce un medio más ácido que en la zona de San Valentín; los carbonatos en los primeros estadios van a neutralizar esta acidez, pero la continua oxidación y destrucción de éstos, hará descender nuevamente el pH del medio, de manera que la cerusita puede ser destruida.

En un tercer estadio de alteración se van a depositar óxidos de manganeso y goethita y, localmente, en las zonas con mayor acidez, lo harán los minerales del grupo de la jarosita.

Por último, en una etapa cuarta de alteración, en la que existe mayor aridez y menor circulación de agua, la jarosita se va a destruir, y va a dar lugar a la formación de hematites; así mismo se puede originar la transformación de goethita en hematites.

Las características de esta zona de oxidación pueden compararse con la de Broken Hill (VAN MOORT et al., 1982), en la que existen unos niveles próximos a la superficie enriquecidos en coronadita y otros óxidos de manganeso y una zona más profunda rica en cerusita y otros carbonatos. Las diferencias fundamentales estriban en un mayor contenido en plomo y un menor contenido en hierro en la mineralización primaria de Broken Hill, por lo que los enriquecimientos en plomo en este yacimiento son mayores en la zona de oxidación que las estudiadas aquí.

Se puede sintetizar el proceso de alteración en esta zona de la siguiente manera (fig. 4).

- 1.º Oxidación de piritita alotriomorfa y marcasita:
  - Formación de texturas pseudomorfas de marcasita.
  - Acidificación del medio.
- 2.º Oxidación de los restantes sulfuros y carbonatos.

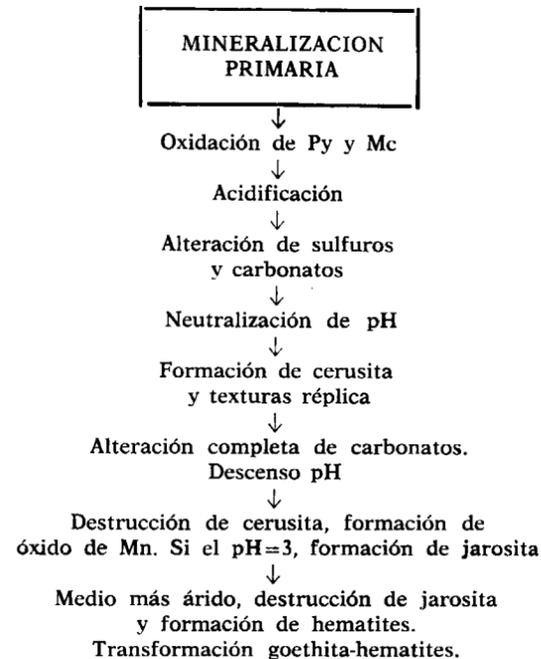


Figura 4.—Secuencia de alteración supergénica de la paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice.

- Liberación de Zn, Mn, Cu, Ag.
- Formación de anglesita y cerusita.
- Formación goethita pseudomorfa.
- Inicialmente neutralización del pH; posteriormente a la destrucción de los carbonatos mayor acidez, con destrucción de cerusita, y descenso en zonas locales hasta un pH3.
- 3.º Formación de óxidos de manganeso con Fe, Ph, Zn.
  - Formación de goethita coloidal.
  - Formación de plata nativa.
  - Zonas de bajo pH, formación de jarosita.
- 4.º Clima más árido.
  - Destrucción de jarosita con formación de hematites y ferrihidrita.
  - Transformación de goethita en hematites.

## BIBLIOGRAFIA

- KAGER, P. C. (1980): *Mineralogical investigations on sulphides Fe-Mn-Zn-Mg-Ca Carbonates, greenalite and associated minerals in the Pb-Zn deposits in the Sierra de Cartagena. Province of Murcia, S. E. Spain.* Gwa papers of Geology. Series 1, núm. 12, Amsterdam, 204 pp.
- LÓPEZ GARCÍA, J. A., y LUNAR, R. (1981): *Mineralogía de los yacimientos de Buen Consejo y Los Blancos. Sierra de Cartagena. Murcia.* Bol. Soc. Esp. Mineralogía, vol. 2, pp. 255-261.
- LÓPEZ GARCÍA, J. A., y LUNAR, R. (1983): *Estudio mineralógico, textural y geoquímico de la zona de alteración de El Estrecho de S. Ginés (Sierra de Cartagena-Murcia).* Bol. Soc. Esp. Mineralogía, vol. 7, pp. 243-248.
- OEN, I. S.; FERNÁNDEZ, J. C., y MANTECA, J. I. (1975): *The Lead-zinc and associated ores of La Union, Sierra de Cartagena, Spain.* Econ. Geol., vol. 70, pp. 1259-1278.
- RADTKE, A. S.; TAYLOR, C. M., y HEWET (1967): *Aurorite, argentinian todorokite and hydrous silver bearing lead manganese oxide.* Econ. Geol., vol. 62, pp. 182-206.
- ROY, S. (1981): *Manganese Deposits.* Academic Press. London, 458 pp.
- SORNEIN, J. F. (1980): *Alteration supergene de minéralisations ferrières. Les chapeaux de fer du gisement de Sidérite de Batere (Pyrénées Orientales) et du gisement de pyrite de Sain-Bel (Rhône).* These L'Ecole Nationale Supérieure de Mines de Paris, 150 pp.
- VAN MOORT, J. C., y SWENSSON, C. B. (1982): *The oxidized zone of the Broken Hill Lode W.S.W. The Ore genesis. The state of the art. Special publication núm. 2.* Springer Verlag, pp. 251-268.
- WALQUE, L. DE, y MARTIN, H. (1983): *Geochemical dispersion of Lead and zinc around a gossan in a Carbonate Environment at Heure (Belgium).* Mineral. Deposita, volumen 18, pp. 27-38.

Recibido: Enero 1987

## MINERIA

# Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias.

Por L. A. DIAZ RODRIGUEZ (\*\*) y C. J. FERNANDEZ (\*)

## RESUMEN

Se describen en este trabajo las características litoestratigráficas de los materiales observados en el entorno minero del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, todos ellos paleozoicos, salvo algún recubrimiento cuaternario, que abarcan desde el Cámbrico Inferior-Medio hasta el Devónico Inferior.

La mineralización es bastante sencilla con la galena como mineral principal y con esfalerita y pirita. A nivel de trazas están la calcopirita, la bournonita, la freibergita y la marcasita.

Los estudios geoquímicos realizados sobre concentrados de galena, esfalerita y pirita, ponen de manifiesto la pertenencia del yacimiento Grupo Cantabria al conjunto de yacimientos stratabound de baja temperatura de formación (inferior a 220° C). Por otro lado, el contenido geoquímico (Pb, Zn) de la Formación Láncara (Cámbrico Inferior-Medio), roca de caja de los cuerpos minerales del yacimiento, estudiado en el área minera, posee unos valores, en general, por encima del clarke terrestre, para aquellos elementos, en rocas carbonatadas.

Se definen en el yacimiento dos metalotectos: uno sedimentológico, basado en las características propias de la Formación Láncara (facies tidal-flat y ambientes evaporíticos) dadas sus favorables condiciones al entrapamiento de metales base y de fluidos connatos salinos, de gran importancia en el transporte mineral, y otro tectónico, verificado por la Orogénesis Herciniana que ha sido el vehículo de activación de dichos fluidos y que ha favorecido el emplazamiento de la mineralización, según fracturas, en los espacios abiertos por las zonas de cizalla.

## ABSTRACT

The lithostratigraphy of the mining area (Pb-Zn) Grupo Cantabria deposit has been studied. This zone is characterized by predominance of paleozoics materials, lower-middle Cambrian to lower Devonian, with some quaternary.

The mineralization is very simple, there are galena, sphalerite, pyrite and in minor proportions chalcopirite, bournonite, freibergite and marcasite.

Geochemistry studies made on galena, sphalerite and pyrite concentrates pointed out its affiliation to stratabound deposits of low temperature of formation (less to 220°C). Moreover, geochemistry content of the Láncara Formation (lower-middle Cambrian), host-rock of the orebodies, studied in the mining area, have a values, in general, more than the crustal abundance.

Two metalotects can be distinguished: a sedimentologic has an effect in the Láncara Formation owing to the sedimentologies conditions (facies tidal-flat and evaporites environment) favourable to trapping metal base elements and brine connate fluids. The tectonic metalotect has been confirmed by the Hercynian Orogenesis for deposition of the mineralization according to fractures in sigmoidal irregular veins.

## 1. INTRODUCCION

El yacimiento Pb-Zn Grupo Cantabria se halla situado geográficamente en la ladera oeste del valle del arroyo Zarameo sobre el pueblo de Caranga de Arriba (fig. 1) y dentro de la Hoja número 52 (Proaza) del Mapa Topográfico Nacional (E: 1/50.000).

(\*) Departamento de Geología, Area de Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Oviedo, Asturias, España.

(\*\*) IGME, División de Minería, Sección de Rocas Industriales.

La bibliografía existente acerca del yacimiento es escasa y de carácter muy general, y como norma, haciendo solamente referencia a la geología del entorno minero.

GARCÍA FUENTE (1953) cartografió en el entorno minero materiales ordovícicos (cuarcita armoricana) y devónicos (calizas, pizarras y areniscas), estando los mismos en contacto mecánico por medio de una superficie de cabalgamiento.

LLOPIS (1969) señaló la presencia del Cámbrico

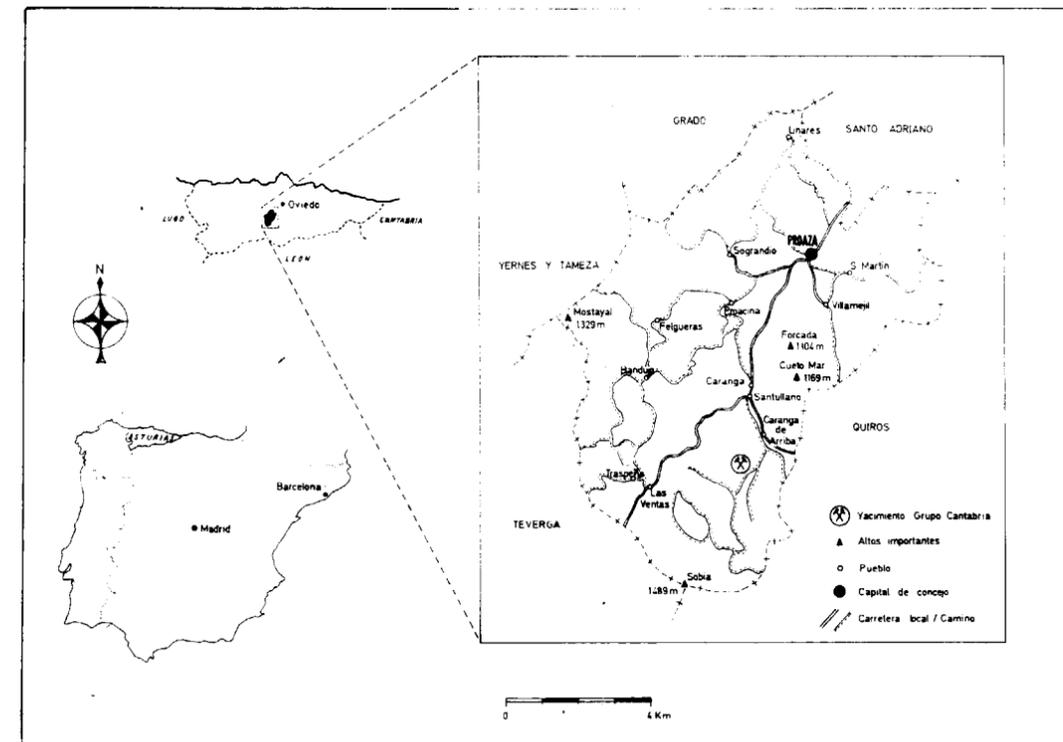


Figura 1. — Situación geográfica del yacimiento Grupo Cantabria.

en el área minera, atribuido a unas capas de dolomías y calizas «marmorizadas». Trabajos posteriores de SOLER (1967) y de PELLO (1972) describen, en el valle del arroyo Zarameo, materiales silúricos (Formaciones Formigoso y Furada) junto con los materiales devónicos inicialmente descritos por GARCÍA FUENTE (1953).

A la vista de estos datos y con el objeto de conocer exactamente la roca de caja de la mineralización y la estructura del área minera, se siguió la siguiente metodología de trabajo:

- Cartografía geológica del entorno minero así como de todas las galerías subterráneas del yacimiento, localizando los diferentes niveles mineralizados y sus relaciones morfológicas.
- Análisis mineralógico de la mena y de la roca de caja mediante microscopía de transmisión (110 láminas delgadas) y de reflexión (80 probetas pulidas), difracción de rayos X y microsonda electrónica.
- Estudio geoquímico de la mineralización y

de la roca encajante por espectrofotometría de absorción atómica y por espectrofotometría de emisión por plasma (I.C.P.).

## 2. GEOLOGIA DEL AREA MINERA

La zona de estudio puede encuadrarse en la llamada Zona Cantábrica del Macizo Hespérico y, más concretamente, dentro de la Región de Pliegues y Mantos (JULIVERT, 1971), que describe un arco cuyos límites son, por el oeste, el anticlinorio del Narcea, y, por el este, la cobertera mesozoica y la Cuenca Carbonífera Central (figura 2).

## 3. ESTRATIGRAFIA

## 3.1. Cámbrico

De las tres formaciones sucesivas que integran el Cámbrico de la Zona Cantábrica (Herrería, Láncara y Oville) falta la inferior, estando las demás

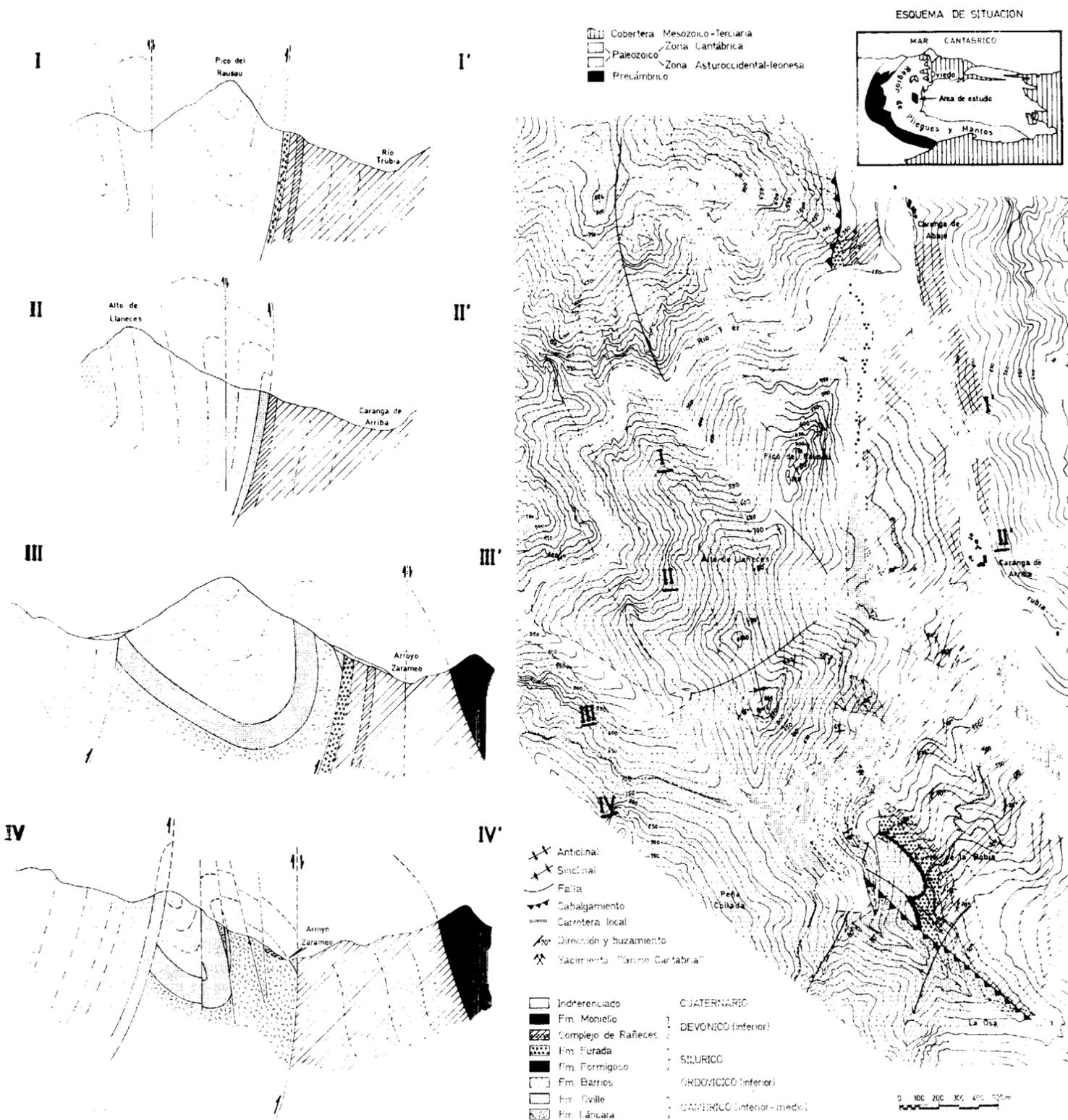


Figura 2.—Mapa geológico y cortes del área minera estudiada.

aflorantes en las dos estructuras cabalgantes que se han cartografiado en el área minera, que son el cabalgamiento de la Sobia, de trazado NO-SE, y la escama cabalgante de Caranga, de trazado N-S (fig. 2).

3.1.1. *Cámbrico asociado al cabalgamiento de la Sobia*

Se ha realizado una columna estratigráfica por la cabecera del arroyo Zarameo, dentro del cabalgamiento de la Sobia (fig. 3), que nos ha servido de base comparativa frente a los materiales presentes por toda la ladera oeste del valle del arroyo Zarameo, que constituyen la roca de caja de la mineralización.

La presencia de estos materiales cámbricos, situados en una zona tan al norte del cabalgamiento de la Sobia, fue descrita por primera vez por DÍAZ RODRÍGUEZ (1985), constituyendo una prolongación de los que afloran más al sur.

La Formación Láncara es una serie carbonatada que ZAMARREÑO (1972) ha dividido en dos miembros, inferior y superior, de características litológicas distintas, que reflejan, a su vez, diferentes medios sedimentarios. El miembro inferior está formado por dolomías amarillas, con finas laminaciones, a las que se superponen en ocasiones calizas grises con bird's eyes. El miembro superior consta de calizas con un elevado contenido en fauna (trilobites, braquiópodos, equinodermos, poríferos) y de glauconita en cantidades variables.

Esta doble naturaleza mineralógica de ambos miembros no se manifiesta en el área minera, tanto en el cabalgamiento de la Sobia como en la escama cabalgante de Caranga, debido a la intensa dolomitización secundaria que ha afectado al conjunto de la roca original, transformando, en parte, sus características texturales y mineralógicas.

En el área minera, el miembro inferior está constituido por unas dolomías pardo-amarillentas con veteados recrystalizados y estratificación masiva, mientras que el miembro superior se inicia con unas dolomías grises compactas que gradualmente pasan a unas dolomías rosadas glauconíticas, para terminar con un tramo noduloso dolomítico.

Las Pizarras y Areniscas de Oville conforman la siguiente formación cámbrica. Es una serie detrítico-pizarrosa, cuyo espesor en el cabalgamiento de la Sobia se estima en unos 140 metros. Consta de dos tramos bien distintos: uno basal, constituido por pizarras negras «sensu stricto» y por pizarras con nódulos dolomíticos, y otro superior, compuesto por areniscas glauconíticas, con un alto contenido en cuarzo y bien estratificadas.

3.1.2. *Cámbrico asociado a la escama cabalgante de Caranga*

Se cartografió por toda la ladera oeste del valle del arroyo Zarameo, hasta la altura del pueblo de Caranga de Arriba (fig. 2), como frente de ataque de dicha escama cabalgante, la cual, hacia el norte, tiende a laminar a los materiales cámbricos hasta hacerlos desaparecer.

Las galerías de las labores mineras, emboquilladas prácticamente en perpendicular a la estratificación, nos ha permitido un buen reconocimiento de las rocas aflorantes en dicha ladera oeste y la realización de una columna estratigráfica (fig. 4).

Litológicamente, los materiales cámbricos del cabalgamiento de la Sobia y de la escama cabalgante de Caranga son muy similares a excepción de un tramo arenoso-dolomítico, lentejonar y discontinuo, en el miembro superior de la Formación Láncara, dentro de la escama cabalgante de Caranga, y en el que se encuentran la mayor parte de los cuerpos minerales del yacimiento.

3.2. **Ordovícico**

Está representado por la Formación Barrios, constituida por un conjunto de bancos muy potentes de cuarcitas blanquecinas con algunos nódulos ferruginosos. Ha sido comparada con la cuarcita Armoricana y se le atribuye una edad Skiddawiense.

3.3. **Silúrico**

Está representado por dos formaciones: Pizarras de Formigoso y Areniscas de Furada.

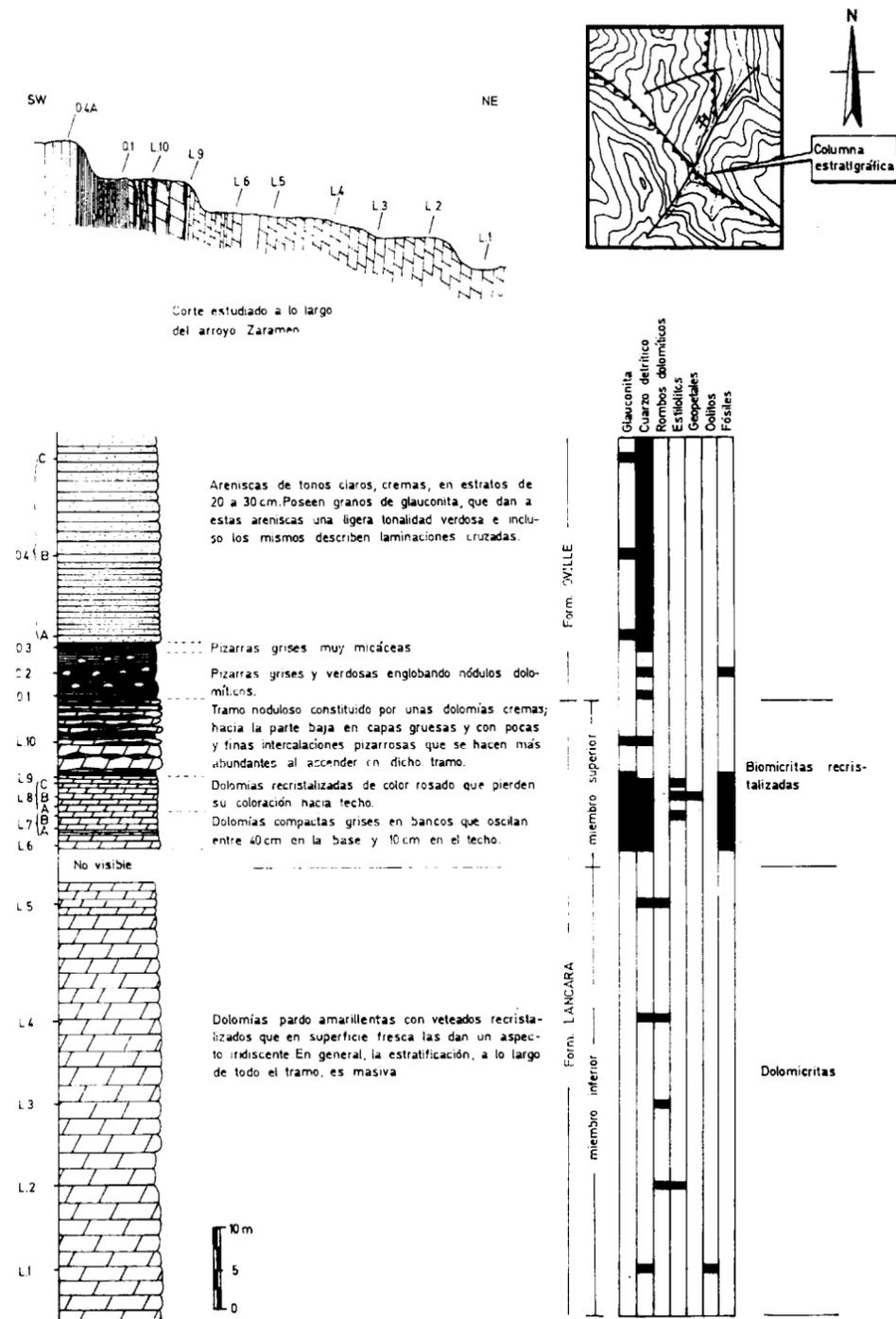


Figura 3.—Columna estratigráfica de los materiales cámbricos observados dentro del cabalgamiento de la Sobia.

La Formación Formigoso consta de pizarras de color negro con abundancia de graptolites sobre todo en sus tramos basales y la Formación Areniscas de Furada consta de una serie alternante de pizarras, limolitas y areniscas, estas últimas ferruginosas hacia la base de la Formación.

3.4. Devónico

El Complejo de Rañeces y la Formación Moñello son las dos únicas unidades litoestratigráficas, de las pertenecientes al Devónico, que están presentes en el valle del arroyo Zarameo.

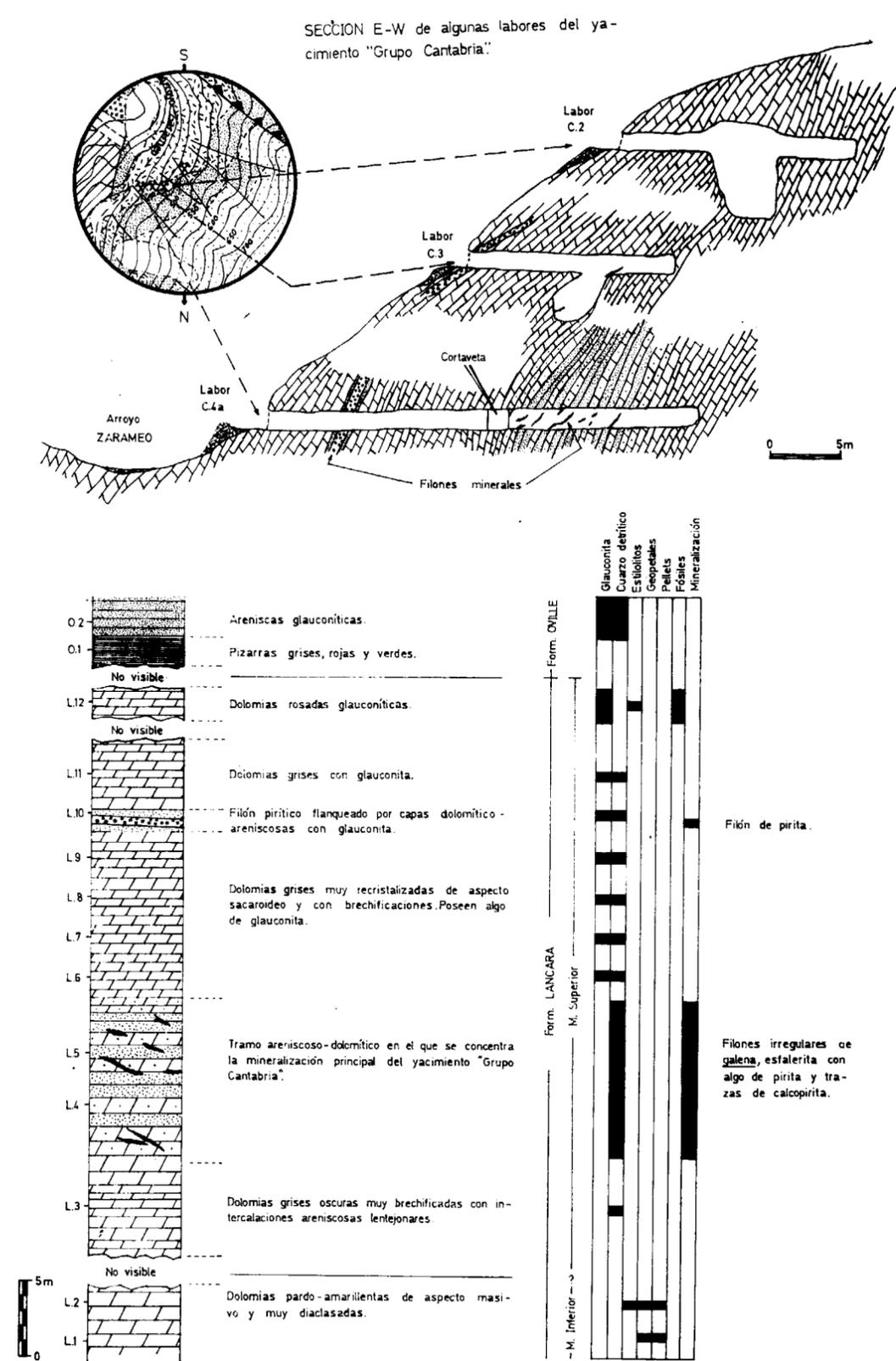


Figura 4. — Columna estratigráfica de los materiales cámbricos presentes en la escama cabalgante de Caranga. Se sitúan dentro de aquella los cuerpos minerales y se completa con un corte general de la mayoría de las labores mineras investigadas.

El Complejo de Rañeces consta de dos tipos litológicos característicos. La parte basal es de naturaleza dolomítica con una intercalación silicoclástica y la parte media alta se caracteriza por la presencia de calizas, pizarras y margas muy ricas en fósiles, sobre todo braquiópodos.

#### 4. TECTONICA

El yacimiento Grupo Cantabria se halla estructuralmente dentro de la Unidad de la Sobia, cuyo límite occidental lo constituye la Unidad de Tameza y con un límite oriental bastante complejo constituido por la Unidad del Aramo (PELLO, 1972).

Por otro lado, se encuentra también dentro de la Región de Pliegues y Mantos, según la nomenclatura propuesta por JULIVERT (1971). Según este autor, para esta Región, las primeras estructuras que se originan son cabalgamientos y mantos de despegue de tipo apalachense, que, con posterioridad, son plegadas en mayor o menor medida. Todo el conjunto fue finalmente fracturado por fallas subverticales tardías. Esta sucesión de estructuras es la que hemos podido comprobar en nuestra área de estudio.

A continuación describiremos cronológicamente el conjunto de estructuras observadas.

##### 4.1. Cabalgamientos

En la zona minera se pueden observar dos cabalgamientos, uno de elevadas proporciones, el cabalgamiento de la Sobia, y otro de menor magnitud o escama cabalgante de Caranga.

El cabalgamiento de la Sobia está representado por una superficie de fractura, de trazado NO-SE, cuya frente de ataque está constituido por los tramos basales de la Formación Láncara. Dicho frente corta oblicuamente la estratificación tanto del alóctono como del autóctono relativos, de manera que en su desarrollo hacia el NO va perdiendo salto hasta desaparecer.

La escama cabalgante de Caranga se encuentra por delante del cabalgamiento anterior y posiblemente se deba su origen a una bifurcación de la fractura principal o cabalgamiento de la Sobia.

Su trazado cartográfico es de dirección N-S y constituye una estructura tectónica muy compleja, de tal manera que, hacia el sur, en el Alto de Llaneces (fig. 2), describe la terminación periclinal de un sinclinal, mientras que hacia el norte la situación se complica aún más con la aparición de diversos replegamientos (dos anticlinales y un sinclinal).

Al igual que el cabalgamiento de la Sobia, la escama de Caranga, en su desarrollo hacia el norte, va perdiendo salto y muy posiblemente evoluciona transformándose en un pliegue, como así ocurre en otros puntos de la Región de Pliegues y Mantos, en los que los cabalgamientos evolucionan hacia el norte desarrollando pliegues.

##### 4.2. Pliegues

Asociado a la escama cabalgante de Caranga, en su frente, se desarrolla un pliegue cuya traza axial sigue a la superficie de fractura. Puede observarse (fig. 2) cómo la cuarcita de Barrios buza al oeste a lo largo de toda la vertiente del valle del arroyo Zarameo, formando el flanco oeste de un anticlinal cuyo flanco este, a favor de la pendiente del valle, ha desaparecido en parte, permitiendo el afloramiento de los estratos cámbricos. Hacia el norte, este pliegue es laminado por la superficie de fractura de la escama cabalgante.

Es frecuente en la Zona Cantábrica encontrar pliegues situados en la parte frontal de las escamas y cortados por la superficie de cabalgamiento que son el resultado, dadas sus características geométricas, de su emplazamiento o desarrollo.

El sinclinal del Alto de Llaneces, dentro de la escama cabalgante de Caranga, está constituido en su núcleo por cuarcita de Barrios, con un ángulo entre flancos de alrededor de 90° y con una vergencia hacia el oeste. Su traza axial es prácticamente N-S con una ligera tendencia al oeste.

##### 4.3. Fallas

La tectónica de fractura ha sido muy importante en el entorno minero, con la presencia de numerosas fallas mayores y menores que en ge-

neral, son estructuras más tardías que las hasta ahora descritas.

Hemos distinguido ciertas edades relativas en cuanto a la fracturación. Así, la dirección de fractura NO-SE (primaria) asociada principalmente al desarrollo de la escama cabalgante de Caranga, surge como resultado del apretamiento del sinclinal del Alto de Llaneces, sobre todo en las zonas de charnela.

El otro grupo de fracturas, de dirección NE-SO (secundarias), se asocian al cabalgamiento de la Sobia y se presentan perpendicularmente al trazado de dicha estructura. Son, en general, de ma-

yores dimensiones que las fracturas primarias y parecen corresponder a fallas subverticales tardías que se desarrollan una vez que se ha producido el emplazamiento y deformación continua de los cabalgamientos.

Las fracturas medidas en el interior de las labores mineras se representaron mediante unos diagramas en rosa de frecuencias (fig. 5), que nos han puesto de manifiesto dos sistemas principales de fracturación, a pesar de una cierta dispersión de los datos. Un sistema presenta un trazado NE-SO, mientras que el otro sigue una dirección NO-SE, prácticamente a 90° uno de otro.

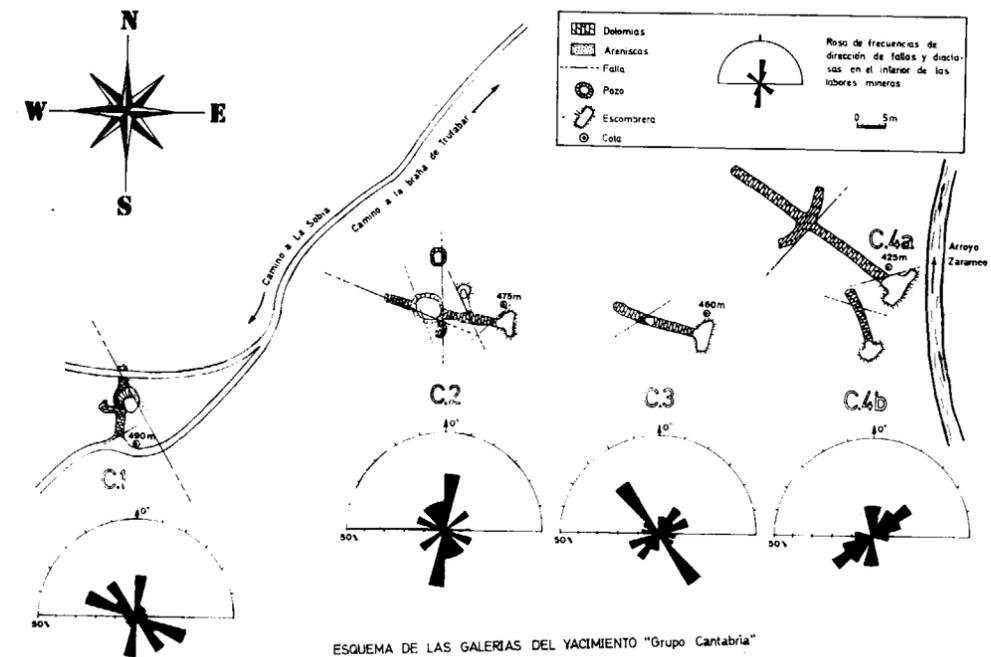


Figura 5. — Diagramas en rosa de frecuencias de las fallas y diaclasas observadas en el interior de las labores mineras. En total, se representaron 52 medidas.

El diagrama general de fallas y diaclasas del entorno minero (fig. 6) presenta una gran dispersión de los polos de fractura representados, pero, a grandes rasgos, se puede vislumbrar una dirección de fracturación bastante marcada, cuyo trazado es NO-SE, con el plano de falla buzando hacia el SO según ángulos entre 45° y 90°.

La mineralización se concentra preferentemente en filones sigmoidales irregulares de escasa continuidad lateral, fruto del relleno de grietas o zonas de cizalla, y de dirección NE-SO, que es coincidente con el desarrollo del grupo de fracturas secundarias anteriormente expuestas.

#### 5. MINERALOGIA DEL YACIMIENTO

Los cuerpos minerales del yacimiento Pb-Zn Grupo Cantabria se hallan encajados en una intercalación sílico-carbonatada de la parte media alta de la Formación Láncara. El mineral principal de la roca de caja lo constituye la dolomita, a la que acompañan el cuarzo y, muy escasamente, la glauconita y la ortosa; en ningún caso se ha detectado calcita.

Es un hecho generalizado, en el estudio microscópico de la mineralización, la clara asociación

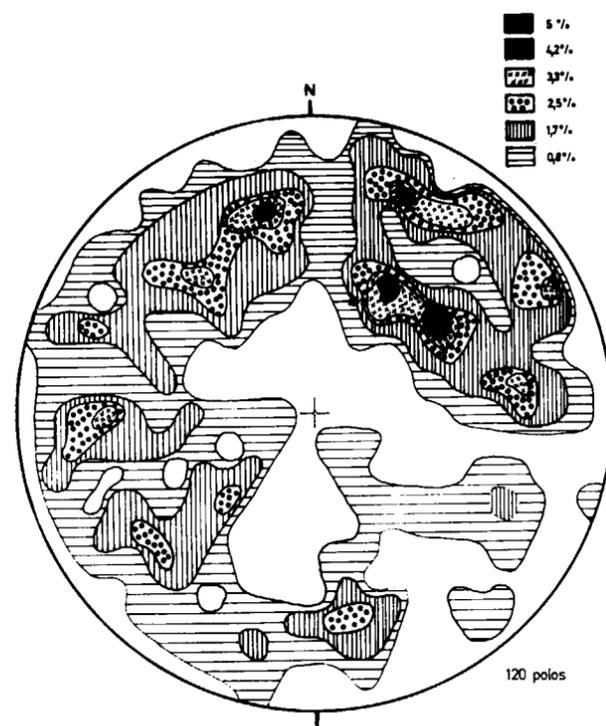


Diagrama general de fallas y diaclasas del entorno minero.

Figura 6.—Diagrama general de fallas y diaclasas del entorno minero (interior y superficie).

que presentan los sulfuros mayoritarios con las fases dolomita y cuarzo. Ello parece indicar un medio de deposición de carácter neutro y de un posible control litológico ejercido, tanto por la dolomita como por el cuarzo, sobre el pH de los fluidos mineralizantes, que en un principio al ser ligeramente ácidos y contener complejos de tipo iónico, tenderían a depositarse cuando las soluciones llegaran a ser neutralizadas.

Los minerales hipogénicos mayoritarios del yacimiento son la galena y la esfalerita, estando la pirita presente de acompañante, en escasos porcentajes. A nivel de trazas podemos encontrar calcopirita, sulfosales (bournonita y freibergita) y marcasita. En DÍAZ RODRÍGUEZ (1985) se puede ver con más detalle las relaciones texturales y la descripción de todas estas fases minerales.

En ocho muestras de galena y esfalerita, procedentes de las distintas labores del yacimiento, se calcularon sus celdas elementales, cuyos valores promedio son  $5,9358 \text{ \AA} \pm 0,0001$  y  $5,4106 \text{ \AA} \pm 0,0003$  respectivamente. Se utilizó como patrón interno la fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), que fue calibrada frente a silicio puro de la casa Merck de celda elemental  $a_0 = 5,43050 \text{ \AA}$ . La radiación empleada fue la de Cu, con una velocidad del goniómetro de  $1/4^\circ 2\theta$  por minuto.

La galena presenta unos valores de parámetro de celda bastante acordes con la bibliografía existente; mientras que el valor promedio de la celda elemental de la esfalerita se ha relacionado con el valor de su densidad. MALAKHOV (1968) puso de manifiesto la relación existente entre la variación del parámetro de la celda elemental de la esfalerita y la cantidad de impurezas isomórficas presentes en su estructura. Por ello, calculamos la densidad de la esfalerita del yacimiento Grupo Cantabria ( $4,03 \pm 0,04 \text{ gr/c. c.}$ ) y la confrontamos con el valor del parámetro de celda ( $a_0 = 5,4106 \pm 0,0003$ ). Estos datos se han representado como coordenadas en el gráfico de la figura 7 (tomado de MALAKHOV, 1968) en el que la distribución de puntos indica que las esfaleritas menos densas (3,95-4,03) poseen unas celdas elementales más desarrolladas ( $a_0 = 5,414-5,424 \text{ \AA}$ ) y que se han formado a profundidades hipohabísales o regiones adyacentes, mientras que las más densas (4,04-4,08) y compactas ( $a_0 = 5,408-5,414 \text{ \AA}$ ) se han formado en zonas más próximas a la superficie. La línea de trazos marca el límite de separación entre ambos extremos y como se puede comprobar (figura 7), las condiciones de formación de la esfalerita del yacimiento Grupo Cantabria han sido de no mucha profundidad.

Los minerales supergénicos son abundantes en cuanto a número pero no en volumen. Abundan, sobre todo, los carbonatos y también hay sulfuros, óxidos y silicatos. Así, podemos citar la serie bornita, calcosina-digenita, covellina, junto con goethita, aragonito, smithsonita, cerusita, malaquita, anglesita, hemimorfita.

En la figura 8 se pueden observar algunas microfotografías representativas de la mineralogía del yacimiento.

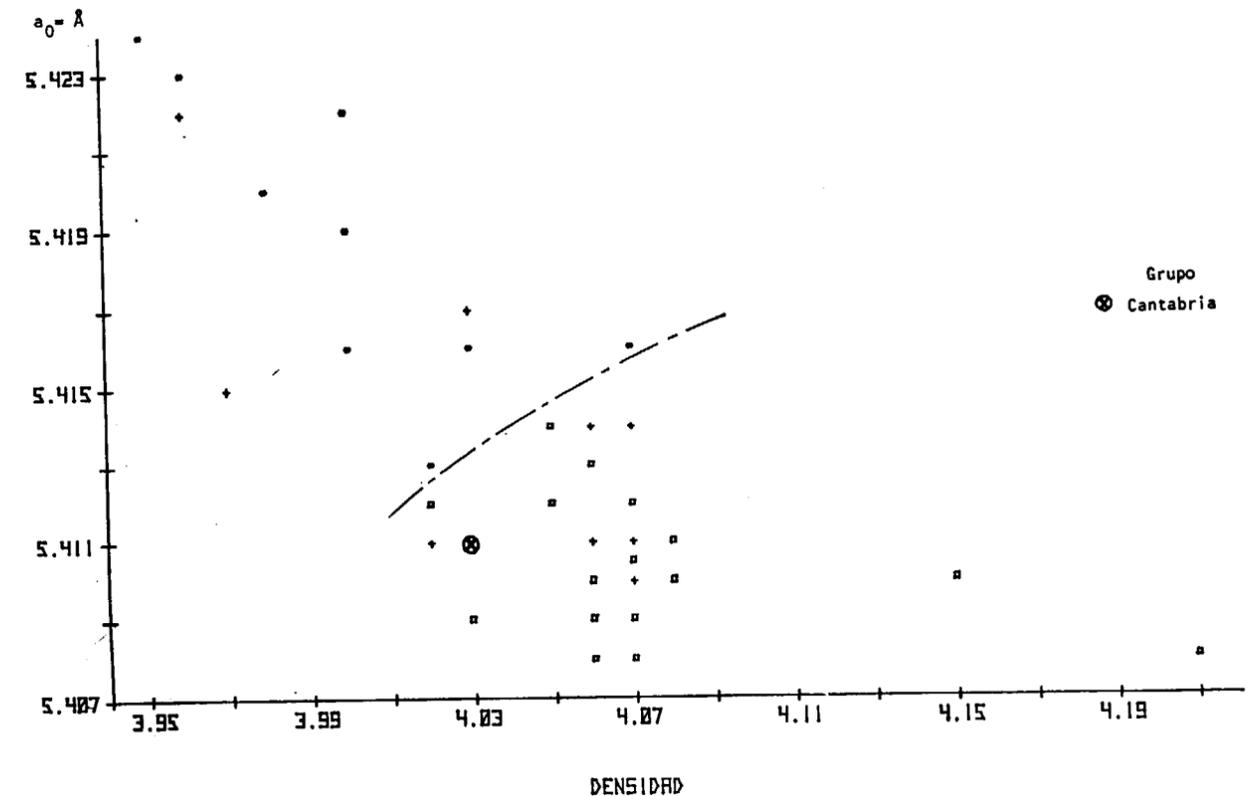


Figura 7.—Relación entre la celda elemental y la densidad de la esfalerita del yacimiento Grupo Cantabria en comparación con los datos tomados de MALAKHOV (1968). Ver explicación en el texto.

## 6. GEOQUIMICA

### 6.1. Geoquímica de las menas

Dado que diversos elementos minoritarios y en trazas han sido propuestos como indicadores de formación de las menas minerales se llevó a cabo un estudio de los mismos en los sulfuros mayoritarios del yacimiento: galena, esfalerita y pirita. Los análisis obtenidos en estas tres fases minerales complementan las hipótesis acerca de las condiciones de formación del yacimiento Grupo Cantabria y los tres son convergentes hacia su pertenencia a los yacimientos stratabound de baja temperatura de formación.

Se analizaron ocho concentrados de galena, ocho de esfalerita y dos de pirita. Los elementos analizados han sido: Ag, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn y V. En los concentrados de pirita no se analizaron los elementos: Ag, Cd y Fe. Los aparatos empleados han sido: un espectrofotómetro de absorción atómica de doble haz de

la casa Varian, modelo 1475, con llamas aire-acetileno y nitroso-acetileno y un equipo ICP/5000 de la casa Perkin-Elmer.

Los resultados de los análisis se exponen en la tabla 1. Por otro lado, en la figura 9 se ha establecido una comparación entre los resultados correspondientes a la esfalerita y a la galena del yacimiento Grupo Cantabria y los datos publicados de los indicios y yacimientos stratabound Pb-Zn existentes en España (ARRIBAS et al., 1981).

### 6.2. Geoquímica de la roca de caja

Se ha realizado un estudio del contenido geoquímico (Pb, Zn, Cu) de la Formación Láncara, tanto en el cabalgamiento de la Sobia como en la escama cabalgante de Caranga, por su interés para establecer el origen de la mineralización e intentar explicar la presencia de la mineralización en una estructura de cabalgamiento y no en

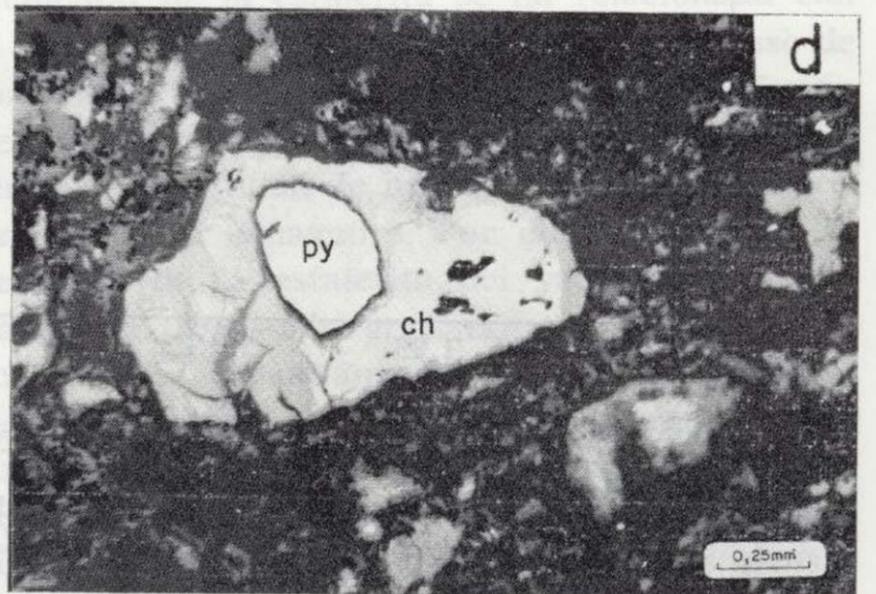
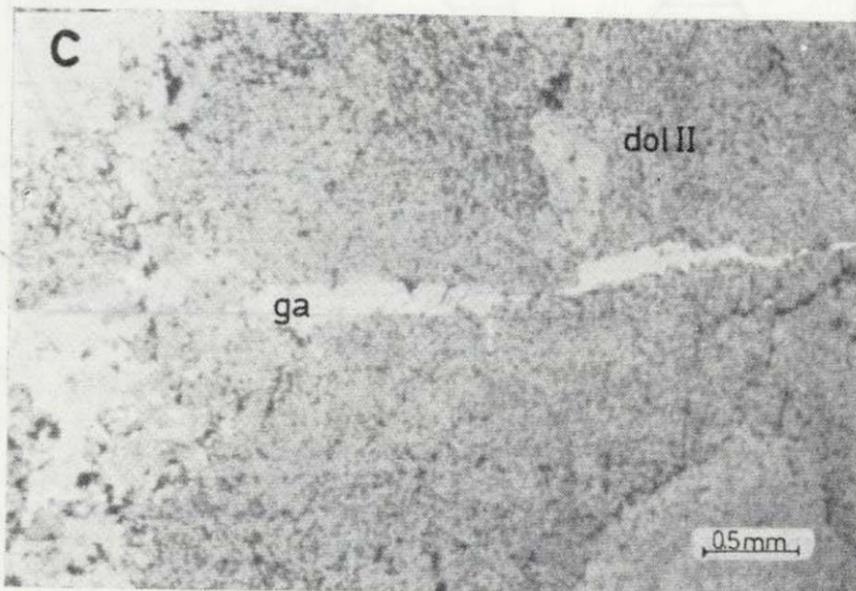
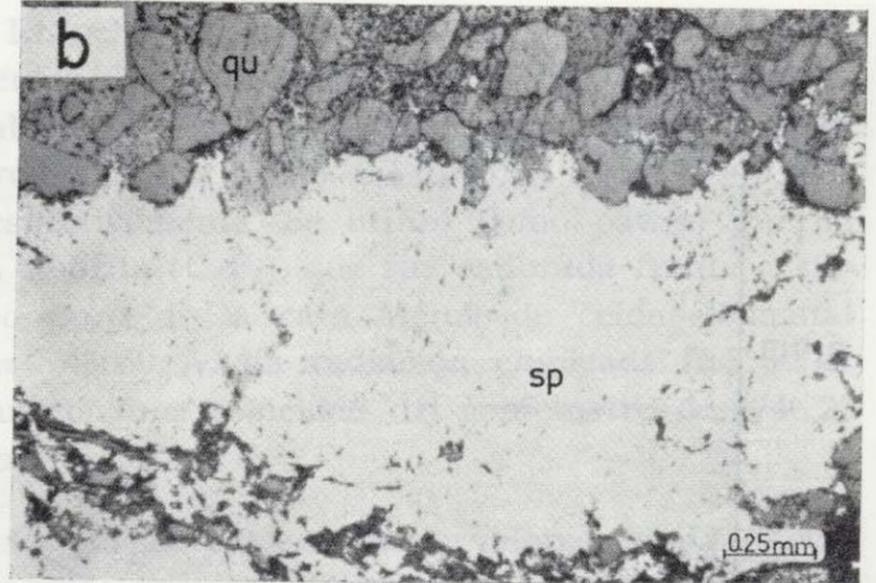
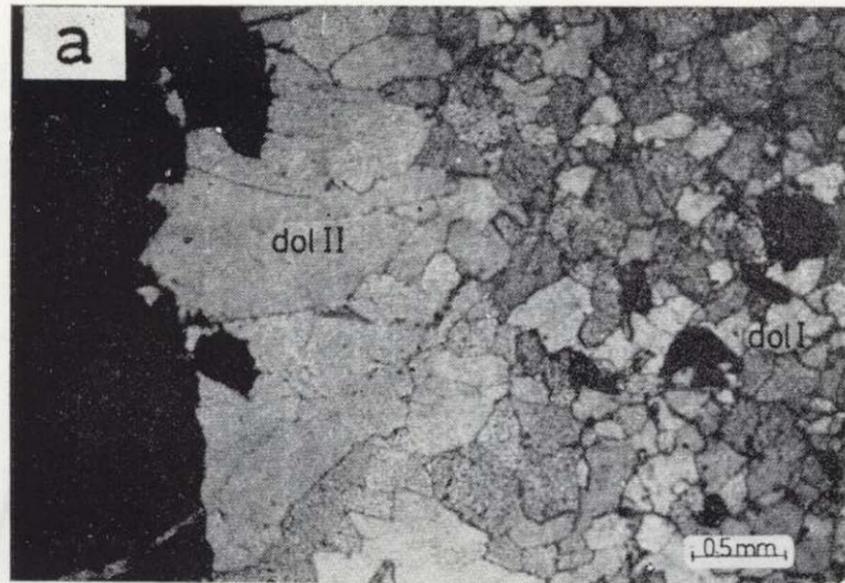


Figura 8.—En a) y b) se muestran microfotografías de la roca de caja de la mineralización. En a) la dolomita se presenta bajo dos generaciones, una primera generación (dol I) de menor tamaño de grano que la dolomita de segunda generación (dol II). El color negro corresponde a la esfalerita (luz transmitida y nicoles cruzados). b) Gra-

la otra, aunque sin descartar que pueda existir en profundidad.

Las muestras se obtuvieron del afloramiento natural de la Formación Láncara (cabalgamiento de la Sobia) y del interior de las labores mineras (escama cabalgante de Caranga). Fueron analizadas mediante la espectrometría de emisión por plasma ICP y los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 2.

En una primera observación de los resultados y dentro del cabalgamiento de la Sobia (tabla 2 y fig. 3) se puede comprobar que el contenido medio, tanto para el plomo (45 ppm) como para el cinc (55 ppm), de los materiales carbonatados

nos de cuarzo (qu), cementados por dolomita ferrosa, que son reemplazados por la esfalerita (sp.). c) Galena de segunda generación (ga) en una microfisura dentro de la dolomita II. d) Porfidoblasto de pirita (py) en el seno de un grano de calcopirita (ch) que está alterado por los bordes y según las maclas lamelares que le afectan.

de la Formación Láncara se encuentran por encima de los valores dados como norma del clarke terrestre, para rocas carbonatadas, por TUREKIAN y WEDEPOHL (1961) y que son 9 ppm para el plomo y 20 ppm para el cinc. Así, el contenido en Pb, a lo largo de toda la serie, se mantiene dentro de unos límites regulares, mientras que el Zn va claramente disminuyendo hacia techo. Por su parte, el Cu posee unos valores próximos a los del clarke terrestre, siempre con referencia a rocas carbonatadas.

Dentro de la escama cabalgante de Caranga (tabla 2 y fig. 4) el contenido geoquímico medio, en general, aumenta de valor, pues nos encontramos en la zona de influencia del yacimiento. El

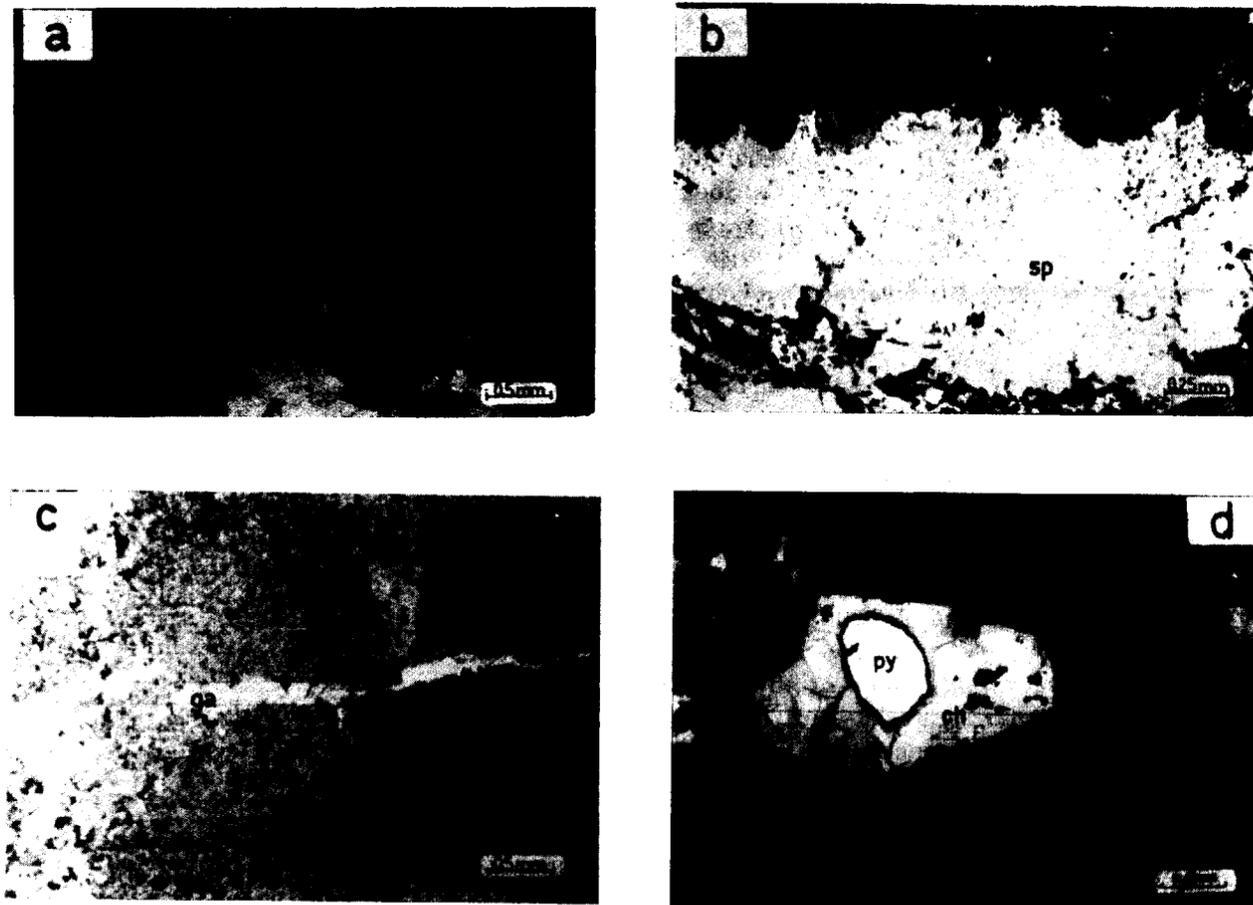


Figura 8.—En a) y b) se muestran microfotografías de la roca de caja de la mineralización. En a) la dolomita se presenta bajo dos generaciones, una primera generación (dol I) de menor tamaño de grano que la dolomita de segunda generación (dol II). El color negro corresponde a la esfalerita (luz transmitida y nícoles cruzados). b) Gra-

nos de cuarzo (qu), cementados por dolomita ferrosa, que son reemplazados por la esfalerita (sp.). c) Galena de segunda generación (ga) en una microfisura dentro de la dolomita II. d) Porfidoblasto de pirita (py) en el seno de un grano de calcopirita (ch) que está alterado por los bordes y según las maclas lamelares que le afectan.

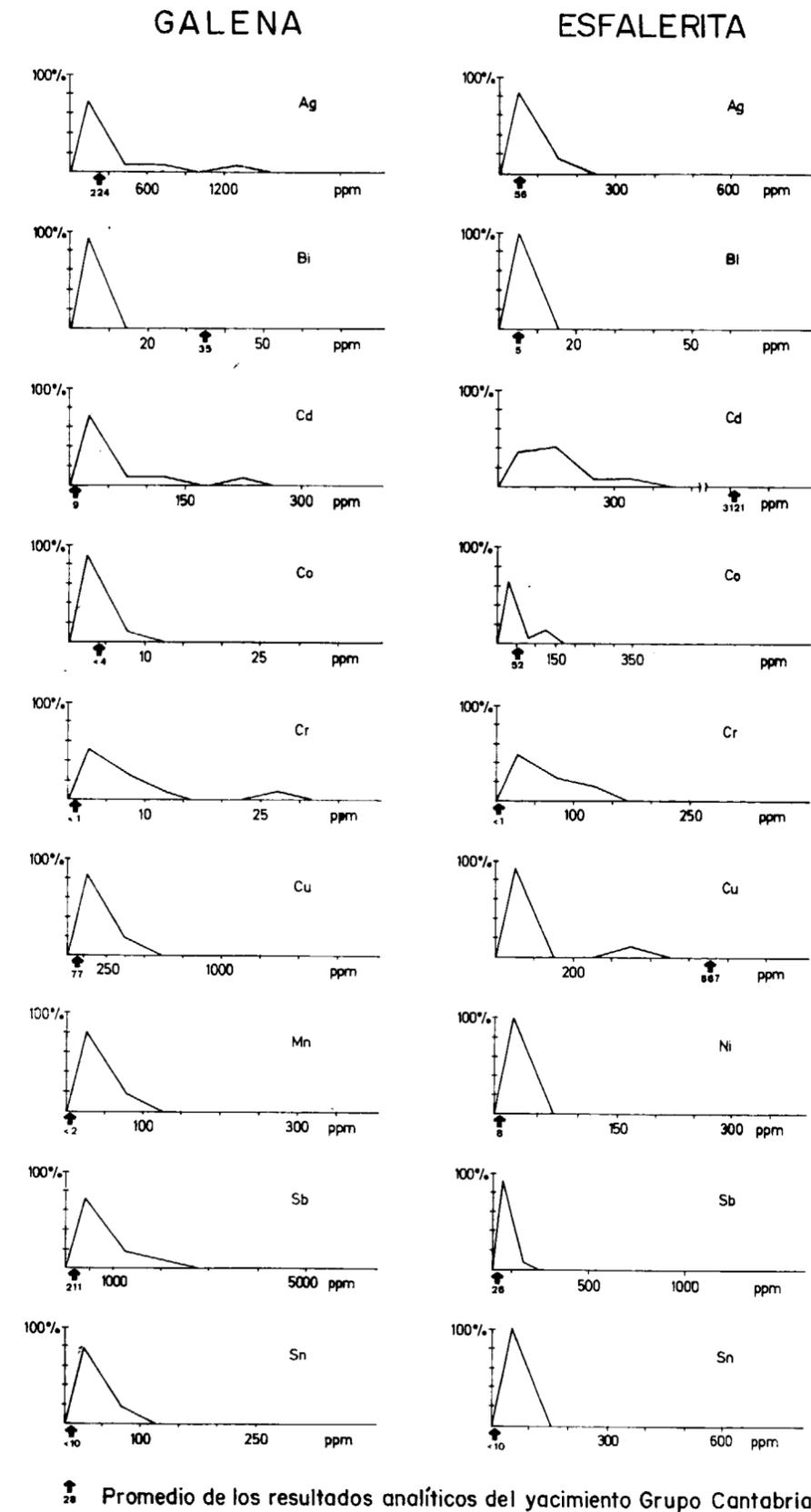
la otra, aunque sin descartar que pueda existir en profundidad.

Las muestras se obtuvieron del afloramiento natural de la Formación Láncara (cabalgamiento de la Sobia) y del interior de las labores mineras (escama cabalgante de Caranga). Fueron analizadas mediante la espectrometría de emisión por plasma ICP y los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla 2.

En una primera observación de los resultados y dentro del cabalgamiento de la Sobia (tabla 2 y fig. 3) se puede comprobar que el contenido medio, tanto para el plomo (45 ppm) como para el cinc (55 ppm), de los materiales carbonatados

de la Formación Láncara se encuentran por encima de los valores dados como norma del clarke terrestre, para rocas carbonatadas, por TUREKIAN y WEDEPOHL (1961) y que son 9 ppm para el plomo y 20 ppm para el cinc. Así, el contenido en Pb, a lo largo de toda la serie, se mantiene dentro de unos límites regulares, mientras que el Zn va claramente disminuyendo hacia techo. Por su parte, el Cu posee unos valores próximos a los del clarke terrestre, siempre con referencia a rocas carbonatadas.

Dentro de la escama cabalgante de Caranga (tabla 2 y fig. 4) el contenido geoquímico medio, en general, aumenta de valor, pues nos encontramos en la zona de influencia del yacimiento. El



22 Promedio de los resultados analíticos del yacimiento Grupo Cantabria

Figura 9.—Gráfico comparativo del contenido geoquímico de distintos yacimientos Pb-Zn de tipo stratabound existentes en España, frente a los resultados analíticos obtenidos en los concentrados de galena y esfalerita del yacimiento Grupo Cantabria.

TABLA 1

Contenido geoquímico de los concentrados de galena, esfalerita y pirita del yacimiento Pb-Zn Grupo Cantabria.

ESFALERITA													
muestra	Ag	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	V
E.1	70	5	3565	136	9	1060	7795	37	18	5240	18	n.d.	n.d.
E.2	35	2	3250	35	n.d.	297	3500	n.d.	n.d.	1131	35	n.d.	n.d.
E.3	50	8	3115	25	n.d.	188	2350	n.d.	n.d.	566	25	n.d.	n.d.
E.4	44	8	3300	37	12	472	3715	n.d.	n.d.	198	25	n.d.	n.d.
E.5	60	4	2666	37	n.d.	510	4675	n.d.	n.d.	3030	20	n.d.	n.d.
E.6	132	2	3196	37	n.d.	712	3975	n.d.	n.d.	472	37	n.d.	n.d.
E.7	25	6	2970	24	n.d.	745	5570	85	n.d.	267	24	n.d.	n.d.
E.8	30	5	2910	87	n.d.	556	3895	223	38	420	25	n.d.	n.d.

GALENA													
muestra	Ag	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Sb	Sn	V
G.1	162	35	7	n.d.	n.d.	170	310	n.d.	n.d.	940	160	n.d.	n.d.
G.2	199	25	9	n.d.	n.d.	73	110	n.d.	n.d.	1045	170	n.d.	n.d.
G.3	132	30	11	n.d.	n.d.	51	105	n.d.	n.d.	1020	170	15	n.d.
G.4	92	40	11	n.d.	n.d.	12	110	n.d.	n.d.	328	365	n.d.	n.d.
G.5	250	47	8	n.d.	n.d.	137	1995	12	n.d.	623	175	n.d.	n.d.
G.6	406	42	5	n.d.	n.d.	24	237	n.d.	n.d.	285	190	n.d.	n.d.
G.7	313	33	10	n.d.	n.d.	112	447	n.d.	n.d.	1020	185	n.d.	n.d.
G.8	238	30	12	n.d.	n.d.	37	250	n.d.	n.d.	1022	274	12	n.d.

PIRITA											
muestra	Bi	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	V	Zn
P.1	50	35	23	62	23	36	772	69	n.d.	n.d.	80
P.2	72	69	n.d.	127	n.d.	176	1505	208	n.d.	n.d.	960

Los resultados se dan en ppm.

n.d. = no detectado

TABLA 2

Contenido geoquímico de la Formación Láncara dentro del cabalgamiento de la Sobia y de la escama cabalgante de Caranga. Los resultados se expresan en ppm.

## CABALGAMIENTO DE LA SOBIA

	L.1	L.2	L.3	L.4	L.5	L.6	L.7A	L.8A	L.9	L.10
Pb	5	57	25	79	59	50	20	75	30	51
Zn	100	56	50	55	154	52	25	21	15	19
Cu	5	6	5	2	5	5	5	2	10	20
Na	70	70	90	60	65	95	120	190	150	120

## ESCAMA CABALGANTE DE CARANGA

	L.1	L.3	L.4	L.5	L.6	L.8	L.11	L.12
Pb	5	5	150	100	50	5	5	25
Zn	10	15	165	120	355	10	10	15
Cu	2	10	5	20	25	5	2	2
Na	170	240	175	50	140	255	215	205

Pb posee un valor promedio de 42 ppm, el Zn de 87 ppm y el Cu de 8 ppm.

Si establecemos una breve discusión y comparación de los resultados obtenidos en ambas series podemos comprobar que hay un intervalo significativo, en el cabalgamiento de la Sobia, entre las muestras L.4 y L.6 que corresponde con la zona de tránsito de los miembros inferior y superior de la Formación Láncara y es concretamente en esta zona, dentro de la escama cabalgante de Caranga, donde hemos comprobado que se encuentran los cuerpos minerales del yacimiento. Además, los resultados obtenidos en esta escama cabalgante (tabla 2) vemos que poseen unos valores elevados, sobre todo en el entorno de la intercalación silícico-dolomítica de esa parte media-alta de la Formación.

La pertenencia de la Formación Láncara a los medios sedimentarios de facies tidal-flat de ambientes evaporíticos y salinos, nos condujo al análisis del contenido en sodio de dicha Formación. Dicho elemento es indicador de las condiciones de paleosalinidad del medio sedimentario. VEIZER et al. (1978) señalan que aproximadamente el límite entre un medio marino normal y un medio hipersalino se encuentra alrededor de 230 ppm de Na, existiendo algunos factores, como la pre-

sencia de complejos de citrato y de materia orgánica, que favorecen su precipitación en las calizas (WHITE, 1978).

En la tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos, apreciándose un enriquecimiento en Na de la parte media-alta de la Formación Láncara, para ambas estructuras de cabalgamiento, y, en general, sin sobrepasar las 230 ppm, salvo las muestras L.3 y L.8, dentro de la escama cabalgante de Caranga.

Estos valores relativamente bajos del contenido en Na y el contenido geoquímico de metales base de la Formación Láncara es preciso confrontarlos con otros análisis en otras series dentro de la Zona Cantábrica, para hacerlos verdaderamente más representativos.

## 7. METALOTECTOS DEL YACIMIENTO

La interpretación metalogenética del yacimiento Pb-Zn Grupo Cantabria se basa en la existencia de dos tipos de metalotecto totalmente complementarios y que son: un metalotecto sedimentológico y un metalotecto tectónico.

### 7.1. Metalotecto sedimentológico

La Formación Láncara, nivel generalizado de despegue de la mayoría de los cabalgamientos existentes en la Cordillera Cantábrica, constituye, a nivel regional, la roca de caja de un buen número de yacimientos minerales, principalmente de Pb-Zn, Ba, Sb y Hg. Dicha Formación muy posiblemente ha podido constituir un reservorio favorable al entrapamiento de metales base, dadas sus características sedimentológicas de facies tidal-flat en condiciones de evaporación intensa e hipersalinas.

Es un hecho conocido la relación existente entre ciertos yacimientos estratiformes, stratabound e incluso filonianos con secuencias carbonatadas de carácter evaporítico (GANDIN et al., 1974; BARTHOLOME et al., 1976; BONI, 1978; TURNER et al., 1978), fundamentalmente por su capacidad de entrapamiento de metales y por su potencial como reservorio de fluidos acuosos de alta salinidad capaces de transportar metales.

Entre otros, los factores que pueden influir como concentradores de metales en medios carbonatados y evaporíticos son: la transformación de sulfatos en carbonatos y la presencia de materia orgánica.

La transformación de sulfatos en carbonatos supone que en la diagénesis el  $\text{CaSO}_4$  no es del todo estable debajo de la superficie del sedimento, por lo que la formación de hidrocarburos por descomposición de la materia orgánica facilita la reducción del ión sulfato y la precipitación de carbonato cálcico con desprendimiento de  $\text{H}_2\text{O}$ , lo cual es importante porque podrían precipitar sulfuros diagenéticos, que removilizados y lixiviados, pasarían a las soluciones salinas connatas. Las reacciones de tal proceso podrían ser similares a las dadas por SPEED y CLAYTON (1975) para explicar la calcitización del sulfato cálcico.

La presencia de pseudomorfo de yeso y/o anhidrita reemplazados por carbonatos en la Formación Láncara ha sido demostrado por ZAMARREÑO y JULIVERT (1967) y MOHR (1969).

La materia orgánica llega a ser un mecanismo cuantitativamente muy importante de concentración de metales debido al proceso de absorción en los sedimentos (DEB et al., 1978). En la Formación Láncara es característico la abundante

presencia de fauna dentro de su miembro superior, mientras que en el miembro inferior la existencia de algas y otras estructuras sedimentarias afines han podido servir como un buen mecanismo potencial para el «metal trapping».

El carácter de los fluidos connatos atrapados en la Formación Láncara, dada su correlación con los medios sedimentarios actuales de la Bahía de Shark (Australia) o de las Bahamas (ZAMARREÑO, 1972), serían de naturaleza salina y asimilables a los datos dados por WIEDMAN (1969) y KRAMER (1969), con iones dominantes de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{HCO}_3^-$ , además de contener los componentes producidos en la transformación del sulfato cálcico, es decir,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HSO}_4^-$  y  $\text{H}_2\text{S}$ . Estos fluidos pueden ser comparados al tipo de fluidos mineralizantes Na-Ca-Cl citados por WHITE (1968), en los que los metales son transportados como complejos de cloruro en presencia de algo de sulfuro.

Todos estos factores, anteriormente expuestos, hacen suponer que los fluidos acuosos, primero diagenéticos y posteriormente connatos, en la Formación Láncara, serían soluciones muy salinas que nos permiten explicar satisfactoriamente el transporte mineral de los elementos metálicos. El plomo sería transportado como complejos de cloruro, dadas las características sedimentológicas de la Formación Láncara, del tipo  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{PbCl}_4^{2-}$ ,  $\text{PbCl}_3^-$  y en menor medida como  $\text{PbCl}^+$ . Sin embargo, los complejos orgánicos, sobre todo los salicilatos, podrían influir también, en gran medida, en el transporte mineral del plomo. En cuanto al cinc, sería transportado principalmente como  $\text{ZnCl}_2$ , y en menor proporción como  $\text{ZnCl}_3$ ,  $\text{ZnCl}_4^{2-}$  y  $\text{ZnCl}^+$ .

### 7.2. Metalotecto tectónico

Durante la Orogénesis Herciniana se crearon, en la Cordillera Cantábrica, unas condiciones especiales de presión y temperatura que tuvieron su reflejo, principalmente, en la base de la Formación Láncara, con el desarrollo de gran cantidad de mantos de despegue y escamas de cabalgamiento.

En el momento de iniciarse el despegue de las láminas cabalgantes, las condiciones de presión y temperatura, en la base, podrían haber sido de 1,5 Kbar y 170°C respectivamente, según BAS-

TIDA et al. (1979), lo que hace considerar a los fluidos connatos de la Formación Láncara dentro del rango de las soluciones hidrotermales. Teniendo en cuenta que los fluidos acuosos salinos del tipo Na-Ca-Cl pueden disolver fases sólidas a temperaturas tan bajas como 100°C (WHITE, 1968), durante la circulación de los mismos a lo largo de la Formación Láncara, además de rebajar el esfuerzo friccional del deslizamiento, removilizarían los elementos metálicos, presentes en su seno, para posteriormente y en condiciones físico-químicas favorables conformar los frecuentes yacimientos minerales que a lo largo de los frentes de cabalgamiento son observados en la Formación Láncara de la Zona Cantábrica.

En el área minera, los estudios geoquímicos de la mena mineral nos ha puesto de manifiesto una baja temperatura de los fluidos mineralizantes. Así, la esfalerita se caracteriza por su bajo contenido en hierro y en manganeso y el relativamente alto en cadmio, todas ellas características propias de los yacimientos stratabound de baja temperatura de formación (VAUGHAN, 1976). La galena también presenta características geoquímicas de baja temperatura de formación, como es su escaso contenido en plata (224 g/Tm. de promedio) y una relación Sb/Bi igual a 6 lo que nos indica (MALAKHOV, 1968) unos rangos de temperatura de formación comprendidos entre 120-220°C y un intervalo de presión entre 0,24-0,15 Kbar.

Estos valores pueden ser comparados con los que han propuesto BASTIDA et al. (1979) como existentes en la base de las láminas cabalgantes, en la iniciación del despegue, dentro de la Zona Cantábrica. Con respecto a la temperatura de los fluidos hidrotermales existe una buena concordancia entre los datos, cosa que no ocurre con el rango de precisiones y que se puede interpretar en el sentido de suponer una mayor presión de confinamiento en el momento de despegue de la base de las láminas cabalgantes, del orden de 1,5 Kbar, según BASTIDA et al. (op. cit.), en la Zona Cantábrica, y que paulatinamente va disminuyendo a medida que superposición tectónica tiene su efecto. Teniendo en cuenta que el clímax deformacional tuvo lugar durante el Carbonífero y el espesor máximo de las láminas cabalgantes varía entre los 2.500 y los 5.000 metros, se puede suponer que las condiciones de formación del yacimiento Grupo Cantabria pudieran encuadrarse dentro unos rangos de profundidad y de presión no tan extremos

(0,24-0,15 Kbar), y que son una consecuencia de la propia evolución que la mecánica de las láminas cabalgantes ejerce sobre los fluidos hidrotermales.

La deposición mineral, en el yacimiento Grupo Cantabria, se ha producido en espacios abiertos producidos por la tectónica de fractura, lo cual está de acuerdo con los datos metalogenéticos de que la disminución de la temperatura y de la presión rebaja la solubilidad de los complejos metálicos, dando lugar a la precipitación y deposición de las fases minerales. Así, la Orogénesis Herciniana activó y puso en movimiento los fluidos connatos de naturaleza salina, propios de la Formación Láncara, que lixiviaron y removilizaron con facilidad elementos metálicos, tomando un sentido ascensional, para migrar hacia zonas de menor presión y temperatura, donde debió de tener lugar la deposición mineral.

### BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, A.; ESPINOSA, J.; FERNÁNDEZ, G.; SÁNCHEZ, A. G.; PALOMERO, F. G.; MORO, C.; NAVARRO, L.; PELLITERO, E.; RODRÍGUEZ, S., y SAAVEDRA, J. (1981): *Distribución geoquímica de los elementos en trazas en los yacimientos españoles del tipo B.G.P.C.* Fundación Juan March, 146, Serie Universitaria, 54 pp.
- BARTHOLOME, P.; EVRARD, P.; KATEKESHA, F.; LÓPEZ RUIZ, J., y NGONGO, M. (1976): *Diagenetic ore-forming processes at Kamoto, Katanga, Republic of the Congo.* En: Amstutz, G. C. & Bernard, A. J., ed. *Ores in Sediments*, Springer Verlag, 2141.
- BASTIDA, F.; MARCOS, A.; PÉREZ-ESTAUN, A., y PULGAR, J. A. (1979): *Aproximación a la mecánica de los cabalgamientos en el contexto de la deformación en el NO de la Península Ibérica.* Acta Geol. Hispánica, 14, 135-142.
- BONI, M. (1978): *Considerazioni paleogeografiche su alcune mineralizzazioni a solfuri della Formazione di Gonnese (Cambriaco inf.), Sardegna.* Mem. Soc. Geol. It., 19, 713-720.
- DEB, M.; BANERJEE, D. M., y BHATTACHARYA, A. K. (1978): *Precambrian stromatolite and other structures in the Rajpura-Darba polymetallic ore deposits, Rajasthan, India.* Mineral. Deposita, 13, 1-9.
- DÍAZ RODRÍGUEZ, L. A. (1985): *Estudio geológico, mineralógico y geoquímico del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias.* Tesis de Licenciatura, Universidad de Oviedo, Facultad de Geología, 200 pp.
- GARCÍA FUENTE, S. (1953): *Geología de los concejos de Proaza y Tameza (Asturias).* Bol. Geol. Min., 54, 345-456.

- GANDIN, A.; PALADINO, G., y VILOLO, M. (1974): *Sedimentological and ore-genesis of the Cambrian «arenarie» and «dolomie rigate» formation (Sardinia-Italia): Deposition and concentration of barite in a evaporitic environment.* Soc. Ital. Miner. Petrol., 30, 251-303.
- GIORDANO, T. H., y BARNES, H. L. (1981): *Lead transport in Mississippi Valley-type ore solution.* Econ. Geol., 76, 2200-2211.
- JULIVERT, M. (1971): *Decollements tectonics in the Hercynian Cordillera of Northwest Spain.* Am. Jour. Scien., 270, 1-29.
- KRAMER, J. R. (1969): *Subsurface brines and mineral equilibria.* Chem. Geol., 4, 37-50.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1959): *Sobre la estructura geológica del valle de la Caranga (Proaza-Asturias) y sus yacimientos metalíferos del grupo G.P.B.* Brev. Geol. Astúrica, 1, 79-95.
- MALAKHOV, A. A. (1968): *Bismuth and antimony in galenas as indicators of some conditions of ore formation.* Geokhimiya Int., 5, 1055-1068.
- MOHR, C. G. VAN DER MEER (1969): *The stratigraphy of the Cambrian Láncara Formation between the Luna River and the Esla River in the Cantabrian Mountains, Spain.* Leidse. Geol. Meded., 43, 233-316.
- PELLO, J. (1972): *Estudio geológico de la región central de Asturias.* Tesis Doctoral inédita. Universidad de Oviedo, 198 pp.
- SOLER, M. (1967): *Evolución longitudinal del cabalgamiento de Peña Sobia (Asturias).* Acta Geol. Hispánica, 4, 82-84.
- SPEED, R. C., y CLAYTON, R. N. (1975): *Origin of marble by replacement of gypsum in carbonate breccia nappes Carson Sink Region, Nevada.* Jour. Geol., 83, 223-237.
- TUREKIAN, K. K., y WEDEPOHL, K. H. (1961): *Distribution of the elements in some major units of the earth's crust.* Geol. Soc. Am. Bull., 72, 175-192.
- VAUGHAM, D. J. (1976): *Sedimentary geochemistry and mineralogy of the sulfides of lead, zinc, copper, and their occurrence in sedimentary ore deposits.* En: *Handbook of stratabound and stratiform ore deposits.* Wolf, K. H. (Ed.), 2, 317-363.
- VEIZER, J.; LEMIEUX, J.; JONES, B.; GIBLING, M. R., y SAVELLE, J. (1978): *Paleosalinity and dolomitization of Lower Paleozoic carbonate sequences Somerset and Price of Wells, Artic Canada.* Can. J. Earth Sci., 15, 1448-1461.
- WHITE, D. E. (1968): *Environments of generation of some base metal ore deposits.* Econ. Geol., 63, 301-335.
- WHITE, A. F. (1978): *Sodium co-precipitation in calcite and dolomite.* Chem. Geol., 23, 65-72.
- WIEDEMANN, H. U. (1969): *Solutions in intertidal and supratidal environments of modern carbonate sedimentation: their implications on diagenesis.* Chem. Geol., 4, 393-409.
- ZAMARREÑO, I. (1972): *Las litofacies carbonatadas del Cámbrico de la Zona Cantábrica (NO de España) y su distribución paleogeográfica.* Trabajos de Geología, Oviedo, 5, 118 pp.
- ZAMARREÑO, I., y JULIVERT, M. (1967): *Estratigrafía del Cámbrico del oriente de Asturias y estudio petrográfico de las facies carbonatadas.* Trabajos de Geología, Oviedo, 1, 135-163.

Recibido: Octubre 1986

## La regulación de los manantiales y su incidencia en España

Por E. SANZ PEREZ (\*)

### RESUMEN

En este trabajo se exponen los aspectos fundamentales sobre la regulación de los manantiales y las particularidades que a este respecto presentan los embalses subterráneos que drenan. Se resalta la importancia que tiene este tema en España y se resume la experiencia en este tipo de realizaciones. Seguidamente, se hace una síntesis del estado actual de la metodología en los estudios de regulación de fuentes, ilustrada con diversos ejemplos de captación en otros países. Finalmente, y a modo de ejemplo, se analiza la dinámica hidráulica para una regulación interanual del manantial de Vozmediano (Soria), justificando las inversiones que serían necesarias para completar el estudio de su viabilidad.

### ABSTRACT

The essential aspects about the springs'flow control and the peculiarities which the draining subterranean reservoirs present, are exposed in this paper. The importance of this subject in Spain is emphasized and the experience of this sort of subterranes is summarized. Immediately after, a present state of the methodology in the springs'flow control studies is synthesized. The synthesis is illustrated with several examples of exploitation of springs in other countries. Finally, and as an example, the hydraulic dynamic for an interannual flow control of the Vozmediano's spring (Soria) is analysed, justifying the investments which would be necessary to complete the study of its viability.

### 1. FUNDAMENTOS

#### 1.1. Definiciones

«La regulación de los ríos, es, sustancialmente, el mecanismo por el cual la técnica armoniza la irregularidad fluvial con la permanencia de la disponibilidad; se consigue por el almacenamiento de las aguas en un embalse durante las épocas en que haya exceso de caudal y utilización de estas aguas acumuladas en aquellos períodos en que la demanda supera el caudal del río» (BECERRIL, 1946).

En el caso que nos ocupa, el objetivo principal que persigue la regulación de los manantiales es la adecuación de las extracciones de agua realizadas en los embalses subterráneos que las alimentan, a las demandas a lo largo del tiempo (fi-

gura 1). En algún caso, lo que más interesa no es tanto el efecto regulador, como conseguir una cierta altura de toma de agua procediendo a la construcción de una presa en la fuente o utilización de un rebosadero natural superior (PALOCK y MIJATOVIC, 1984). Otras veces se trata de la simple captación de la fuente, siendo particularmente interesante en las submarinas.

Es posible —y así ocurrió frecuentemente en la antigüedad y también actualmente en algunos lugares— que la aportación hídrica, aunque variable en el tiempo, supere siempre a la demanda de agua y en estos casos no es necesario la regulación. Sin embargo, el aumento de la población y el desarrollo agrícola e industrial del mundo, ha aumentado significativamente esta demanda y, como es natural, la repartición de ésta no suele coincidir con las variaciones de caudal de los manantiales, por lo que hay determinados períodos de tiempo en que aquéllas no se cubren (fig. 1).

(\*) Cátedra de Geología Aplicada a las Obras Públicas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.

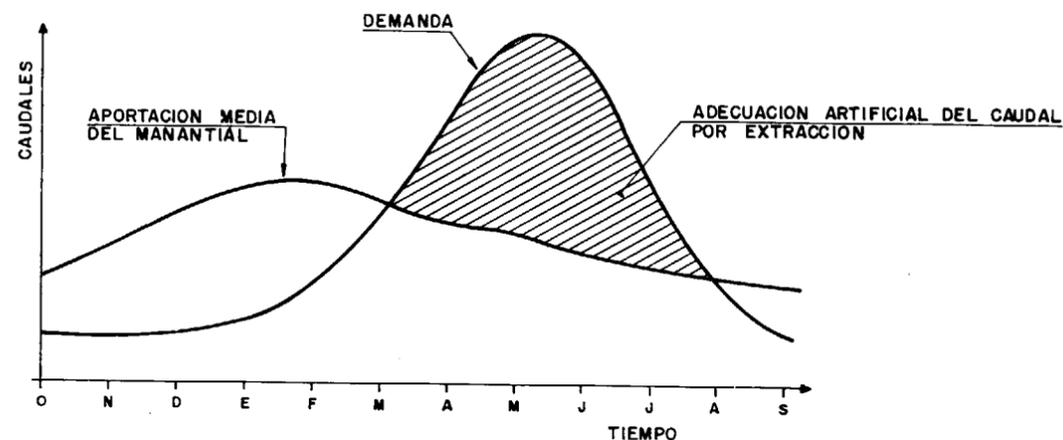


Figura 1

En España existen numerosas fuentes que sufren estiaje precisamente en los meses en los que las necesidades son mayores.

El fundamento de la regulación de un acuífero reside en su tratamiento como un embalse y su viabilidad está condicionada, fundamentalmente, a la existencia de dicho embalse subterráneo y a la posibilidad de extracción del agua necesaria, es decir, al éxito de la captación.

Es necesario por tanto que haya un volumen suficientemente grande de agua por debajo del nivel de drenaje, ya que este stock, sin salida natural, nos permitirá un vaciado parcial —mediante bombeo y galerías— al ritmo de las necesidades previstas de agua en cada momento, mientras que este vaciado proporciona un alojamiento a las nuevas aportaciones (fig. 2 b). Este mismo efecto se puede conseguir subiendo el nivel piezo-

métrico mediante la construcción de una presa en el manantial (fig. 2 a).

Siguiendo estos criterios, se han realizado obras de captación, rebajando o subiendo el nivel piezométrico, tal como hemos dicho. Se han conseguido regulaciones completas, aunque también ha habido regulaciones poco significativas. Estas últimas han estado asociadas a las bajas porosidades eficaces, a la insuficiente extracción de agua en la captación o a las escasas reservas de que disponía el acuífero.

### 1.2. Embalses superficiales y embalses subterráneos

La regulación de los manantiales debe entrar, siempre que se pueda, dentro del contexto general de la utilización conjunta aguas superficiales-aguas subterráneas, a fin de obtener una maximación de beneficios. En numerosas ocasiones, puede constituir una alternativa a las aguas de superficie, aunque la elección de una u otra opción no sólo es de índole técnica, sino también económica y política.

Aunque sean suficientemente conocidas, creemos conveniente citar aquí brevemente, y sin pretensión de exhaustividad, algunas de las particularidades de estos dos diferentes embalses. Ello nos dará idea de las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos (SAENZ y SAHUQUILLO, 1983).

1. En los embalses de superficie la evapora-

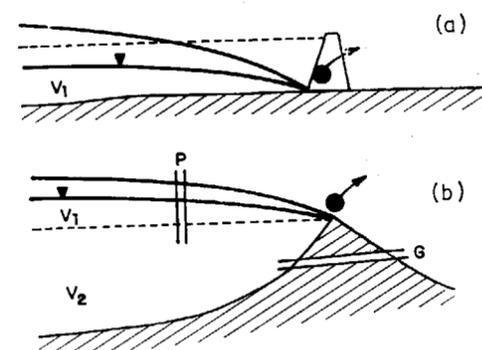


Figura 2

ración llega a suponer una pérdida considerable.

- En los acuíferos no hay soterramiento como en los embalses superficiales. Este problema es especialmente importante en el Levante y sur de España, precisamente donde los grandes manantiales kársticos son también más abundantes.
  - Las reservas de los acuíferos suelen ser muy grandes en comparación con sus recursos, por lo que pueden utilizarse como embalses de regulación interanual. Sin embargo, estos grandes stocks pueden inducir, desgraciadamente, a la sobreexplotación.
  - Así como el embalse de superficie debe ser llenado inicialmente en la época de excedentes, el subterráneo debe iniciar su vaciado en la época en que la demanda supera el caudal del manantial.
  - Posibilidad de actuar sobre el embalse subterráneo a través de la recarga artificial, para modificar los niveles piezométricos, reduciendo el coste de energía del bombeo. También, para aumentar los recursos, mejorar la calidad del agua, etc.
  - La regulación de los manantiales mediante pozos cercanos u otro sistema de captación no es incompatible con la explotación del acuífero «aguas arriba» y la posibilidad de utilizar el mismo como elemento de distribución por su particular predominio bidimensional horizontal. Por el contrario las aguas superficiales tienen carácter lineal.
  - La disponibilidad de los caudales demandados en embalses de superficie con reservas son inmediatas y mucho mayores que los que se pueden obtener de un campo de pozos.
- Por el contrario, esta mayor inercia de los acuíferos, base de la regulación natural de los manantiales, reserva caudales mayores y más seguros en estiaje, lo cual, añadido a la calidad generalmente buena de sus aguas, motiva que sean los puntos preferidos para el abastecimiento a poblaciones.
- Generalmente, los grandes manantiales

kársticos suelen corresponder a acuíferos aislados con poco o ningún intercambio con los ríos. En caso de regular las surgencias, esta actuación no influye o influye poco sobre las aguas superficiales. Esto no impide la posibilidad de recargar con ríos perdedores.

- En la fase de estudio, la información que puede obtenerse del registro de datos de aguas subterráneas de pocos años de duración, es normalmente más fiable que la de una serie mucho más larga de aguas superficiales.
  - A diferencia de las obras en aguas superficiales, las de regulación de manantiales suele ser de poco coste y las inversiones pueden ser escalonadas en el tiempo (también una presa puede recrecerse, desde luego). En ocasiones, la prospección y captación de manantiales resultan fallidas, con sobrecostos o inversiones perdidas. Por el contrario, los costes de operación son muy altos, ya que hay gastos de energía si se utiliza el bombeo.
- Por otra parte, las obras no ocupan espacio, evitándose con ello las indemnizaciones de los terrenos cubiertos por las aguas en el caso del embalse de superficie, y la oposición que suelen mostrar los habitantes de la zona afectada por el proyecto.
- Los acuíferos tienen menor vulnerabilidad a la contaminación de sus aguas, aunque una vez contaminadas también sea más difícil su depuración, debido a la lentitud de sus circulaciones y a las grandes reservas de que disponen.
  - Los manantiales, sobre todo los grandes, suelen ser parajes de gran belleza. La regulación de una fuente puede implicar la disminución de caudal o su secado, al menos temporal, con la consiguiente pérdida de un valor ecológico. Este caudal debería ser repuesto con una cantidad mínima.

## 2. LA REGULACION DE LOS MANANTIALES EN ESPAÑA

La regulación de los recursos hidráulicos en un

país tan árido como el nuestro, con zonas climáticas aptas para cultivos selectivos, y dada la gran irregularidad de sus ríos, cobra un interés especial. Si a esto unimos las características topográficas de España que ofrece posibilidades de construcción de embalses artificiales, se explica las grandes inversiones que han venido materializándose en la construcción de presas, cuyos vasos recogen actualmente hasta el 40 por 100 de la aportación superficial.

Sin embargo, la rentabilidad decreciente de las inversiones en los emplazamientos que van quedando, sobre todo en algunas cuencas, y el creciente consumo de agua que condiciona, como bien escaso, nuestro progreso, nos obliga a considerar otras posibles fuentes de recursos y en este sentido se piensa en los acuíferos subterráneos. Ellos proporcionan cerca del 20 por 100 del agua útil —según el MOPU— y en ellos se alojan unas grandes reservas, que se estima alcanzan hasta el 200 por 100 de la aportación hídrica global (SÁENZ, 1983).

La regulación de estos embalses subterráneos cobra especial interés en la vertiente mediterránea, en la que junto al mayor valor del agua y la mayor irregularidad en su disponibilidad, es precisamente la zona en que más abundan los acuíferos y manantiales kársticos, que, como veremos, ofrecen mayores posibilidades de regulación.

## 2.1. Los manantiales españoles y la importancia de su regulación

Al objeto de tener una mejor idea sobre la posibilidad de aplicación a España del tema que nos ocupa, queremos adelantar aquí algunos de los resultados de un estudio inédito sobre nuestros manantiales (SÁENZ y SANZ, en prensa), y que ha sido elaborado en base a una muestra de 17.000 fuentes que cubre el 62 por 100 del territorio nacional con datos sobre caudal y grupos litológicos de afines características hidrogeológicas. Esta amplia muestra nos ha permitido hacer una estimación aceptable sobre el total de manantiales, sus aportaciones según los diferentes tipos de roquedo y otros aspectos. De él se deduce que los manantiales españoles aportaban, hacia la década de los 70, un total de 15.146 Hm<sup>3</sup> anuales, cifra que está en recesión por el continuo incremento de los bombeos y que actualmente se estima en unos 5.000 Hm<sup>3</sup> anuales (de ellos unos 2.000 hectómetros cúbicos, según refiere SAHUQUILLO (1985), se extraen de acuíferos kársticos).

Descontando los pequeños manantiales (la gran mayoría en cuanto a número) que indudablemente, por su gran difusión, atienden a numerosas necesidades locales o fueron origen de asentamientos humanos, y centrando la atención en los de cierto caudal, por el mayor interés económico de su regulación, en el cuadro 1 se resumen los de caudal superior a 10 l/s. destacando, por su

CUADRO 1

### Manantiales españoles con caudal superior a los 10 litros por segundo y sus aportaciones

Caudales (l/s)	ROCAS CARBONATADAS			RESTO LITOLOGIAS			TOTAL ESTIMACION	
	Muestra		Estimación	Muestra		Estimación	Núm. man.	Aportac. Hm <sup>3</sup> /a
	Núm. man.	Núm. man.	Aportac. Hm <sup>3</sup> /a	Núm. man.	Núm. man.	Aportac. Hm <sup>3</sup> /a		
10,1- 50 ... ..	456	1.425	1.348,4	175	549	518,9	1.974	1.867,3
50,1- 100 ... ..	77	304	719,6	32	126	298,2	430	1.017,5
101- 200 ... ..	47	175	830,0	29	56	265,0	231	1.095,0
201- 500 ... ..	33	127	1.407,3	3	12	129,0	139	1.536,3
501-1.000 ... ..	34	50	1.180,2	3	4	104,1	54	1.284,3
1.001-1.500 ... ..	9	21	810,8	—	—	—	21	810,8
1.501-2.000 ... ..	4	9	480,5	1	2	120,1	11	600,6
Más de 2.000 ... ..	4	16	1.471,8	—	—	—	16	1.471,8
TOTALES ... ..	664	2.127	8.248,6	243	749	1.435,3	2.876	9.683,9

volumen, los correspondientes a rocas carbonatadas.

Los 9.684 Hm<sup>3</sup> anuales que aportan estos manantiales con caudal superior a los 10 l/s. supone el 46,8 por 100 de los recursos subterráneos y de ellos el 85 por 100 (8.249 Hm<sup>3</sup>) corresponden a rocas carbonatadas. La comparación de este volumen con el de los vasos superficiales actuales (36.000 Hm<sup>3</sup>) supera el 25 por 100, cantidad nada despreciable si se tiene en cuenta que son aportaciones sin regular.

A la vista de estos datos, resulta claro que son los manantiales kársticos los que tienen importancia, tanto por su abundancia como por su aportación, además de que las obras de captación son más factibles en terrenos calcáreos que en cualquier otra litología.

Al interés de la regulación de los manantiales en general, y los kársticos en concreto, podemos añadir algunas particularidades de España, como por ejemplo:

- Los recursos hídricos que representan los manantiales españoles mayores de 10 l/s. superan 9.683,9 Hm<sup>3</sup> al año, el 46,8 por 100 de los recursos subterráneos de España, y el 8,6 por 100 de los totales.
- Gran parte de este volumen se concentra en grandes manantiales que precisan menos obras de regulación. Así, 4.165 Hm<sup>3</sup>/año provienen de una centena de manaderos de caudal igual o superior a 500 l/s.
- Los manantiales medianos y grandes están muy repartidos por todo el territorio centro-oriental, precisamente en las zonas más secas de España.
- En estas zonas, se da mayor discrepancia entre la distribución de la demanda y la variación anual e interanual de los caudales de las fuentes.

Es decir, la importancia se resume en el volumen de recursos y en la distribución espacial y temporal de los caudales.

Ya que un porcentaje muy considerable de la aportación se evacúa por unos pocos manantiales, nos parece oportuno detenernos en comentar brevemente los grandes manaderos españoles. Hay que tener en cuenta, como se ha dicho antes, que un 20 por 100 de los recursos subterráneos espa-

ñoles (4.000 Hm<sup>3</sup>/año), se descargan por unos cien manantiales puntuales de caudal alrededor o superior a 500 l/s. Estos se representan en la figura 3 (SÁENZ y SANZ, en prensa), y como se puede apreciar, coincide con la distribución de los acuíferos carbonatados de España (fig. 4).

Aunque en el trabajo sobre los manantiales de España se ha hecho un análisis más completo de estos manaderos, aquí sólo nos referiremos a los aspectos relacionados con su regulación:

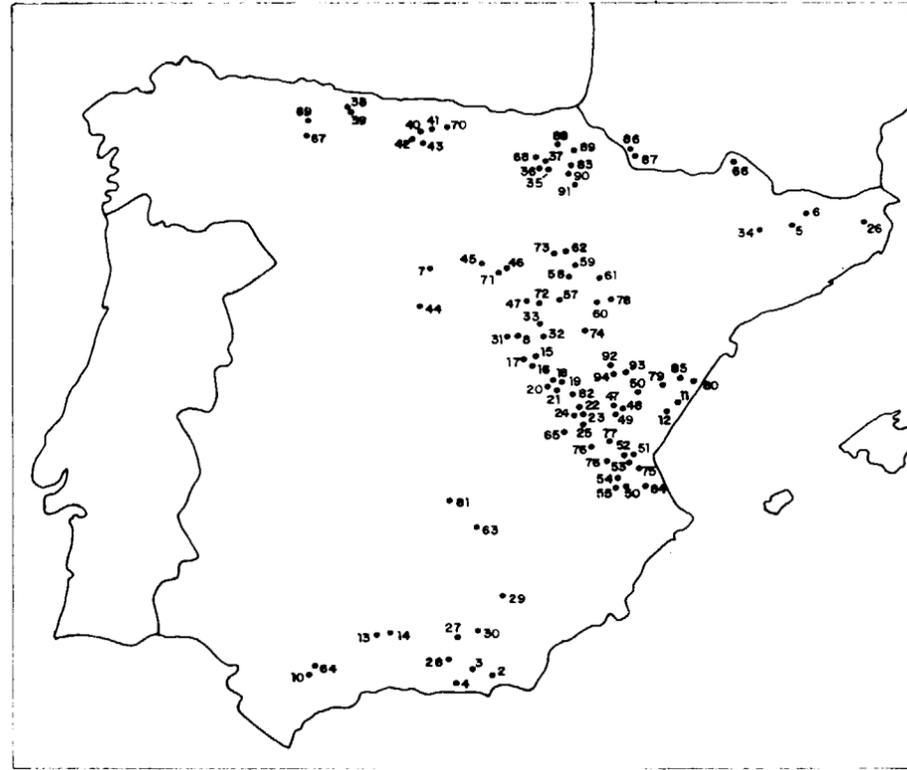
En los embalses de superficie, es necesario que las cerradas tengan buenas condiciones de estanqueidad y apoyo para la presa artificial que se construya. En los embalses subterráneos, la naturaleza los ha provisto de unos cierres geológicos estancos por los que rebosa el agua sobrante, que son los manantiales. Para la regulación de éstos mediante la extracción de agua, interesa mucho la geometría de estas presas naturales, pues condicionará la forma de su captación.

Con objeto de conocer las clases más frecuentes de estos cierres, se han hecho los cortes hidrogeológicos de los principales manantiales de España y que resumimos en el cuadro 2, donde también se citan algunos ejemplos. Este esquema se refiere exclusivamente a la casuística de las fuentes consideradas, es decir, aquellas con caudal igual o mayor a 500 l/s.; por tanto, habrá casos con otras circunstancias que aquí no aparecen.

Como se puede ver, los cierres se pueden agrupar en aquellos que están condicionados por el contacto permeable-impermeable de los terrenos, y por aquellos otros, donde la topografía es fundamental.

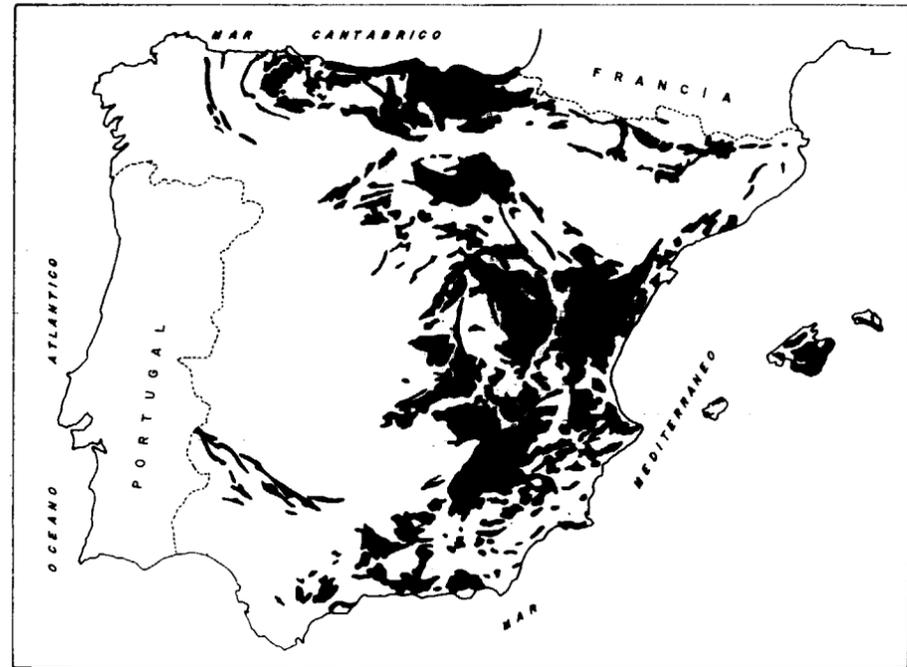
Los primeros son mucho más frecuentes y se dividen a su vez en los que el contacto es estratigráfico y en los que es estructural. Los de contacto estratigráfico son más abundantes, sobre todo los que son concordantes. Estos últimos se pueden dividir en series horizontales o inclinadas, y aún éstos los hemos diferenciado, a su vez, en aquellos donde el acuífero se prolonga también «aguas abajo» o solamente «aguas arriba» de la emergencia. En los contactos discordantes, son más frecuentes los cierres donde el acuífero continúa «aguas abajo».

Los de contacto estructural se dividen en con-



LOS PRINCIPALES MANANTIALES DE ESPAÑA (Según inventario del IGME, 1986 y bibliografía existente). (Sanz Ridruejo, C.; Sanz Pérez, E., 1987)

Figura 3



MAPA DE ACUIFEROS CARBONATADOS. (I.G.M.E. en prensa)

Figura 4

A - DE CONTACTO ESTRATIGRAFICO	SM DISCORDANCIA	ESTRATOS INCLINADOS	ACUIFERO "AG. ARRIBA"		Ejemp.: Urederra (Na), Ucero (So), Fuentona de Muriel (So), Arteña (Na), Aitzarreta (Na), Itxaco (Na), F. del Campillo (Gu), Molinillo (Cu).
		ESTRATOS HORIZONTALES	ACUIFERO "AG. ABAJO"		Ejemp.: Vozmediano (So), Río de los Santos (V), La Escalera (Te), Fuentes del Llobregat (B), Osimberde (Na), Uruntzura (Na), Ancín (Na), Nacedero de Checa (Z).
B - DE CONTACTO ESTRUCTURAL	C DISCORDANTE	ACUIFERO "AGUAS ABAJO"		Ejemp.: Fuentes Grandes (So), F. del Tajillo (Cu), Las Fuentes (Cu), Ojos de Molla (Cu).	
		ACUIFERO "AGUAS ARRIBA"		Ejemp.: F. del Campillo (Cu).	
C. MECANICO	FALLA	ACUIFERO LIBRE		Ejemp.: Cubero (Cu), Alhama (Co), Ambrona (So), El Estanque (Z), F. de la Balsa (Cu), Calcena (Z). (En todos el acuífero está "ag. arriba").	
		ACUIFERO CONFINADO		Ejemp.: Lago Bañolas (Ge), Borja (Z).	
		NORMAL	ACUIFERO "A. ARRIBA"		Ejemp.: F. de la Sima (Cu), F. Cardoner (B), Ubrique (Co).
		INVERSA	ACUIFERO "A. ABAJO"		Ejemp.: La Laguna (Gr).
		CABALGA MIENTO	ACUIFERO "A. ARRIBA"		Ejemp.: Algar (Al), Iribas (Na).
			ACUIFERO "A. ABAJO"		Ejemp.: Fuentidueña (Sg), F. de la Olmeda (Cu), Bentia e Illamina (Francia).
			DE PANTALLA IMPERMEAB.		Ejemp.: Cain (Le).
					Ejemp.: Nto. Río Tuejar (V).

Cuadro 2.- SINTESIS DE LOS TIPOS DE CERRADAS GEOLOGICAS DE LOS PRINCIPALES MANANTIALES DE ESPAÑA (Sanz Pérez).

tactos mecánicos y fallas (normal, inversa y cabalgamiento). Los contactos mecánicos son especialmente abundantes en los límites carniolas-Keuper del Mesozoico de la Cordillera Ibérica. Las fallas normales e inversas se clasifican también según el acuífero continúe o no «aguas abajo» de la fuente. Hay un caso especial en las fallas inversas que es aquel donde sólo el plano de falla hace de pantalla impermeable, aunque el acuífero se extienda a ambos lados. En los cabalgamientos, todos los casos estudiados corresponden a acuíferos que sólo se prolongan «aguas arriba».

El último apartado se refiere a aquellos cuya existencia viene condicionada por la intersección de la zona saturada con la topografía dentro de un acuífero homogéneo. Dentro de este grupo, hemos incluido alguna fuente de acuíferos confinados que brota en los lugares de menor cota, saliendo por vías preferenciales desarrolladas en los materiales impermeables que los cubren.

No queremos terminar este apartado sin hacer notar que los manaderos kársticos son frecuentemente lugares con paisaje privilegiado. Piénsese en algunos ejemplos: nacimiento del río Cuervo, manantial de Urederra, Lago de Bañolas, Pozo Azul, Fuentona de Muriel. Este valor ecológico habrá de tenerse en cuenta a la hora de pensar en la regulación.

## 2.2. Experiencia española

No se cuenta en España con demasiada información sobre los trabajos encaminados a la regulación de los manantiales. Los organismos oficiales encargados de las aguas subterráneas en España (Servicio Geológico de Obras Públicas e Instituto Geológico y Minero de España) han realizado varios proyectos que más adelante pasaremos a comentar brevemente. Los informes redactados han sido consultados por nosotros, presentando una relación de ellos al final de este trabajo.

Fuera del ámbito estatal, han existido, desde luego, intentos expresamente encaminados a la regulación de las fuentes. Algunos han tenido éxito, otros no, algunos han conseguido un efecto regulador parcial y otros no se han llevado a cabo. Estos trabajos han sido realizados por organismos provinciales o por iniciativa de Ayuntamientos y particulares.

Citemos algunos ejemplos que nos ilustran de la variedad de los fines de utilización:

Como labor pionera, en 1936-37 se realizaron en el manantial de Fuentetoba estudios y prospecciones encaminadas a la traída de aguas a la ciudad de Soria por Clemente Sáenz García (SÁENZ GARCÍA, 1954). Las fábricas de Unión Cerrajería de Mondragón se abastecen de la captación del manantial de Seratxo (LLOPIS, 1970). El manantial de San Julián de Fuenmayor es regulado mediante un pozo en el propio exutorio y suministra agua a Huesca; el manantial de Tremp, captado para el abastecimiento de la academia de suboficiales del Ejército, y en el que los espeleobuceadores del Regimiento de Pontoneros de Zaragoza instalaron las bombas en la cueva sumergida del manadero, etc.

Al no contar con una estadística nacional y con pocas referencias bibliográficas, no nos es posible hacer aquí un análisis riguroso, y nos vemos obligados a comentar rápidamente la casuística general.

En la mayor parte de los casos, el efecto regulador de las obras en las descargas de los acuíferos, se ha conseguido de una manera indirecta, sin que fuese ese el objetivo perseguido y sin contar con las consecuencias que ello podría acarrear, algunas veces perjudiciales.

Podríamos contar multitud de ejemplos de manantiales que han visto disminuir su caudal y hasta secarse debido a las extracciones que se han operado en los acuíferos que los alimentan. Es frecuente hablar en nuestro país de que las fuentes se están secando, y es verdad, se están secando no como se cree, porque llueve menos, sino porque se están «regulando» por el bombeo en pozos, aunque, desgraciadamente, a veces se llega a la sobreexplotación. Ejemplo de esto último son los Ojos del Guadiana, desaparecidos por el bombeo abusivo en el acuífero terciario calizo de los campos de Daimiel, en La Mancha.

Otros manantiales se han regulado mediante presas de superficie situadas aguas abajo de éstos. Ejemplo de este caso es el manantial de Aranda de Moncayo (Zaragoza), regulado mediante la presa de Maidebera. En otros casos, las fuentes han quedado en carga sepultadas bajo el embalse. Hay también bastantes ejemplos, precisamente porque los contactos entre calizas y rocas impermeables son buenas cerradas y coinciden también con brotes naturales de agua. En España se piensa que existen unos 300 embalses más o menos re-

lacionados con terrenos calcáreos (SAHUQUILLO, 1985).

En concreto, tanto el MOPU como el Ministerio de Industria, han llevado a cabo estudios sobre la viabilidad de regulación de algunos manantiales, como el de los Santos, Deifontes, Algar, Marbella, Arteta, La Villa, etc. Las captaciones que se han realizado siempre han sido mediante pozos.

En el manantial de Los Santos (Valencia) (SAHUQUILLO, 1971, 1985), se perforaron varios pozos muy productivos, regulando así el manantial que no podía serlo mediante una presa de superficie más abajo, debido a las filtraciones en el embalse. En el manantial de Deifontes (Granada) se perforaron 5 pozos que pueden proporcionar un caudal conjunto de 2.350 l/s., regulando la aportación media del manantial (35 Hm<sup>3</sup>/año) y regando 5.000 hectáreas (ARAGONÉS y SAHUQUILLO, 1975; SAHUQUILLO, 1975). En el manantial del Algar, los pozos bombean 0,7 m<sup>3</sup>/s., que regulan parcialmente esta fuente de 25 Hm<sup>3</sup>/año y de fuertes oscilaciones. En el manantial de Arteta (Navarra), se han hecho tres pozos que extraen 750 l/s., y que no lo regulan totalmente (SAHUQUILLO, 1983). En los manantiales de La Villa y Marbella se han perforado también varios pozos para su regulación. Los manantiales de Ancín y de Itxaco (Navarra) (CASTIELLA, 1986) están actualmente en fase inicial de explotación, y el de las Ufanas de Gabelli (Mallorca) se han realizado ensayos previos (BARÓN y otros, 1984).

## 3. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

La regulación de un manantial conlleva:

1. Un conocimiento del acuífero en sus aspectos estáticos (geología) y dinámicos.
2. Viabilidad de la captación que nos asegure un caudal suficiente para la regulación perseguida.

El siguiente capítulo lo dividiremos por tanto en dos apartados: exploración hidrogeológica y captación.

### 3.1. Exploración hidrogeológica

Desde luego, que al abordar la regulación de

cualquier manantial, es necesario conocer el acuífero que lo alimenta mediante un estudio hidrogeológico convencional, con todo lo que ello implica. Sin detenernos en todos esos aspectos, aquí sólo nos limitaremos a citar los métodos más relacionados con la futura regulación y que estarán condicionados, por una parte, al fin perseguido, y, por otra, a la disponibilidad de datos.

En definitiva, todos los métodos van encaminados a conocer el soporte acuífero (geología) y el funcionamiento hidrológico del mismo (dinámica).

A la Geología incumben dos aspectos fundamentales: la estructura y litología de los materiales, y otro más accesorio, que es la morfología kárstica. Además de estudiar la distribución de los tramos permeables, es necesario conocer la estructura del acuífero, sobre todo a dos escalas: la geometría global del acuífero por un lado, y el detalle de la zona donde se pueda realizar la captación, por otro. La primera servirá para calcular las reservas, funcionamiento hidrológico, etc.; la segunda es esencial para lograr el éxito de la captación. La morfología kárstica puede facilitar, en ocasiones, algunos datos interesantes para las obras de captación: existencia de trop-pleins, conductos sumergidos en manantiales, etc.

¿Qué persigue el conocimiento dinámico del acuífero? Para la regulación de manantiales, lo que interesa es determinar los ritmos temporales, tanto de las salidas como de las entradas de agua y, como consecuencia, de los volúmenes de almacenaje previstos. Es decir, es necesario comprobar la viabilidad teórica del proyecto, analizar su gestión, como fase previa a las pruebas de reconocimiento.

La distribución en el tiempo de las salidas es fija y depende de las demandas de agua (las demandas para abastecimiento suelen ser más o menos constantes, pero las de riego varían durante el año, aunque sí bien muy poco de un año para otro).

Otra cuestión muy diferente es la de inferir el ritmo de entradas dado su carácter aleatorio y en él influyen la pluviometría, evapotranspiración, infiltración, escorrentía superficial y percolación del agua en el suelo. Para salvar la consideración de tantas variables, se han propuesto diversos métodos que tienen su fundamento en el régimen natural de los manantiales que drenan el acuífero y modelaje matemático de los acuíferos donde,

por ejemplo, los de tipo reservorio nos proporcionan el ritmo de llegadas del agua infiltrada al manto acuífero, que es lo que nos interesa, para tratar la gestión a modo de un embalse de superficie. Los hidrogramas de los manantiales en período de recesión y los modelos matemáticos son, pues, las herramientas más utilizadas para estudiar la regulación de los manantiales y de su uso existe numerosa bibliografía, por lo que aquí no vamos a tratarlos (SÁNCHEZ, 1983; PULIDO, 1983).

Conocidas estas llegadas de agua en el intervalo que hayamos elegido para discretizar el tiempo, se opera con el esquema clásico en el que intervienen los bombeos, volumen de agua almacenado, recarga natural, aportaciones del manantial y demanda de agua.

Esto se puede aplicar al año medio a pesar de que él no se presente exactamente ninguna vez. En este caso es necesario suponer que al comienzo del año hidrológico el acuífero tiene un vaciado suficiente, por debajo del nivel de drenaje, para que se cumpla, si se quiere, la regulación completa mediante extracciones.

Si aceptamos las condiciones requeridas para la fórmula aproximada  $Q = \alpha \cdot V$ , según el coeficiente de agotamiento del caudal básico, el vaciado inicial podría reducirse. Es posible que durante ciertos meses del año, el manantial aporte cierto caudal de forma natural, y ello redundaría en una disminución de los gastos de bombeo y hasta en un cese temporal de los mismos.

Es preferible, sin embargo, tratar de simular la regulación interanual si se tienen datos de un período largo. De esta manera se puede obtener una curva de garantía, básica para un estudio económico que permita analizar los costos y beneficios de los distintos grados de regulación parcial, pues es posible que no interese una regulación total, o que ésta sea menos costosa con la combinación de un embalse de superficie, etc. La comparación de garantías entre manantiales y embalses de superficie puede ayudar a la elección de una u otra alternativa.

Al final de este artículo presentamos el ejemplo de la regulación del manantial de Vozmediano (Soria), estudiado a nivel de gestión y donde hemos aplicado estos conceptos en base a un procedimiento original. Dicha regulación puede constituir

una alternativa al embalse de superficie proyectado.

#### — Las pruebas de reconocimiento

Aunque teóricamente y en principio pueda resultar muy interesante la regulación de un manantial, tal como hemos visto en el apartado anterior, es necesario, sin embargo, realizar previamente una campaña de pruebas experimentales encaminadas a la valoración real que una captación (pozo, sondeo, galería pueda influir en la regulación de la fuente.

En un gran número de casos se opera con sondeos de investigación que después serán usados como piezómetros, y pozos experimentales de explotación en las inmediaciones del manantial. Con ellos se realizan ensayos de bombeo, con la explotación experimental durante un período suficiente de tiempo (15 días como mínimo). No nos detenemos en comentar estas pruebas, pues son suficientemente conocidas.

Los datos reales de esta explotación previa sirven para calibrar y ajustar las previsiones de la primera fase de estudio y determinar el esquema de la forma de explotación más conveniente. Para ello puede ayudar el ajuste mediante modelo matemático de los parámetros del sistema ya que conocemos la afección de la extracción en el régimen natural de las fuentes o cualquier otro procedimiento matemático.

Es igualmente interesante conocer la variación con el tiempo del quimismo de las aguas extraídas durante estos ensayos, pues es posible que puedan disminuir en su calidad. Así, por ejemplo, en el manantial de Parnica (Checoslovaquia), el bombeo atraía las aguas más profundas del acuífero, altamente mineralizadas e impotables, de tal manera que hubo de abandonarse el proyecto de regulación (KULLMAN, 1984).

En ciertos casos se llegará a la conclusión de que la regulación artificial no mejora la natural, pero en otros muchos las pruebas darán unos resultados que interese poner en explotación el acuífero, ya que parece que mejora el régimen natural, total o parcialmente. Parcialmente cuando no es posible extraer un caudal suficientemente grande para una regulación interanual completa. En cualquiera de los dos casos pasamos a la fase de captación que tratamos en el siguiente capítulo y que es de la mayor importan-

cia para asegurar el mejor rendimiento del embalse subterráneo. Como se comprenderá, las pruebas de reconocimiento son ya una captación, por lo que antes de practicarse éstas, habrá que tener en cuenta también las consideraciones que veremos a continuación.

### 3.2. La captación

En el capítulo precedente hemos pasado revista a los diferentes pasos que se siguen para el estudio hidrogeológico de acuífero drenado por una fuente que interesa regular. Aunque las conclusiones a las que lleguemos sean favorables a su gestión, y, partiendo del supuesto que el proyecto sea en principio rentable, es fundamental lograr una buena captación, a fin de asegurar los caudales demandados, así como calidades aceptables de agua.

Además del fin perseguido, la forma de captación dependerá de varios factores como es la topografía del lugar, estructura geológica, litoestratigrafía y geomorfología (morfología subterránea del manadero).

A continuación, vamos a pasar revista a los diferentes tipos de captaciones que se están utilizando actualmente. Se sigue para ello, en gran parte, el trabajo de BAYO (1986), aunque se hacen también otras consideraciones, se amplían diferentes aspectos y se ilustra con ejemplos extranjeros.

#### 3.2.1. Acciones de detracción

Como se sabe, una de las características hidrogeológicas de las rocas carbonatadas es que van desarrollando una red de drenaje tal que, con el tiempo, el desagüe se realiza por unos pocos aliviaderos o manantiales.

Precisamente, las condiciones más favorables para una captación es, en general, estos manantiales, o los conductos cercanos que los alimentan, porque aquí es donde dicha captación ejerce una influencia mayor en todas las partes del acuífero, incluso las más alejadas, y porque desde el punto de vista topográfico, son los lugares más cercanos a la zona permanentemente saturada. Además, suelen ser los sitios más accesibles a la red kárstica, ya que los grandes conductos suelen estar asociados a las proximidades de las fuentes. Si es

difícil conocer estos conductos, como frecuentemente ocurre, o es difícil llegar a los lugares donde están los manantiales, la captación se realizará en las zonas más karstificadas y litológica y tectónicamente favorables.

Las acciones de detracción o rebajamiento del nivel son las más utilizadas, y es condición indispensable que haya una reserva de agua debajo del manantial.

#### TIPOS DE CAPTACIÓN

##### A) Captación por gravedad

Se trata simplemente de tomar el agua directamente de la fuente, sin pretender regularla. Si la captación está convenientemente hecha, puede ser muy útil en aquellos casos en que la zona de descarga está formada por rezumes dispersos, agrupándolos sin desperdiciar el agua, que se filtrarían por los frecuentes derrubios de ladera o cantiles que se encuentran al pie de los acantilados calizos (ARENILLAS, 1982).

Fue un método muy utilizado en la antigüedad, en que se tomaba total o parcialmente el agua de una fuente. El problema era más bien la conducción del agua. Hay antecedentes en Grecia, Israel, Asia Menor (por ejemplo el abastecimiento a Pérgamo se hacía desde las fuentes de Macha Dagı) (FERNÁNDEZ CASADO, 1983). Pero fueron los romanos, desde luego, los maestros indiscutibles de estas y otras obras hidráulicas.

Luego los árabes siguieron utilizando las fuentes para abastecimiento y regadío y de ellos nos quedan numerosas muestras en el norte de África y en España, algunas de las cuales se siguen usando todavía.

La regulación de estas fuentes podría hacerse después mediante obras de superficie (embalses, depósitos), pero generalmente las necesidades estaban suficientemente cubiertas con el régimen natural de la fuente.

Con el tiempo, aumentan las demandas de agua, y se hizo necesaria la mejora de estas captaciones, a medida que la técnica se desarrollaba.

Tanto en España como en el extranjero hay multitud de localidades y zonas que utilizan para su abastecimiento, para riego u otros usos, el agua que proviene directamente de los manantiales.

B) Pozos verticales «aguas arriba» de la emergencia (fig. 5)

El sistema implica para que sea efectivo (BAYO, 1986):

— Una repartición aceptable de la permeabilidad para conseguir con el mínimo número de pozos el drenaje de un volumen importante de agua.

— Favorables condiciones geológicas: Es decir, este sistema puede ser factible en un borde de sinclinal con fuerte buzamiento (a), en un contacto estructural subvertical: falla normal (b), inversa (c) o cabalgamiento (d), secuencia isoclinal o de barrera (e), contacto por recubrimiento (f) o borde anticlinal de buzamiento grande (g).

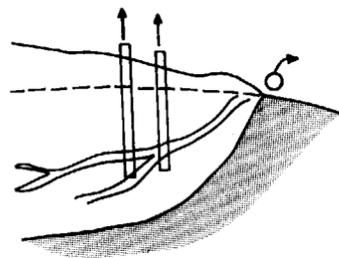


Figura 5

BAYO y otros (1986) señalan que esta actuación puede resultar poco operativa si los pozos no

captan zonas de circulación preferencial, aunque suele ser la primera opción que conviene considerar dada su sencillez constructiva y menores inversiones.

Como ejemplo, podemos citar la fuente de Freigères (Francia) (PALOC y PAUL, 1984). Esta es una fuente intermitente, trop-plein de otra más importante y permanente. Verificada su comunicación con la fuente de abajo mediante trazadores, se llevaron a cabo sondeos de reconocimiento con los que se hizo un ensayo de bombeo que probaron la posibilidad de extraer un mínimo de 500 l/s. durante estiaje.

A veces, el bombeo se realiza en simas naturales situadas «aguas arriba» del manantial. En Florida (U.S.A.), dos ensayos de bombeo han permitido extraer 250 l/s. con un descenso estabilizado de 2 m. en la sima de Tampa, y se piensa bombear 700 l/s. (STEWART, 1975). De igual modo se ha operado en el Trouc de Drac, fuente intermitente situada en la parte meridional de la región de los Grandes Causses (Francia). La desobstrucción en 15 m. de los cantiles que colmataban este conducto natural vertical, ha permitido alcanzar el conducto permanentemente saturado que alimentaba las fuentes perennes de la Clamouse, situadas 2,8 Km. más abajo, haciendo posible así la realización de una captación en este punto (PALOC y MIJATOVIC, 1984).

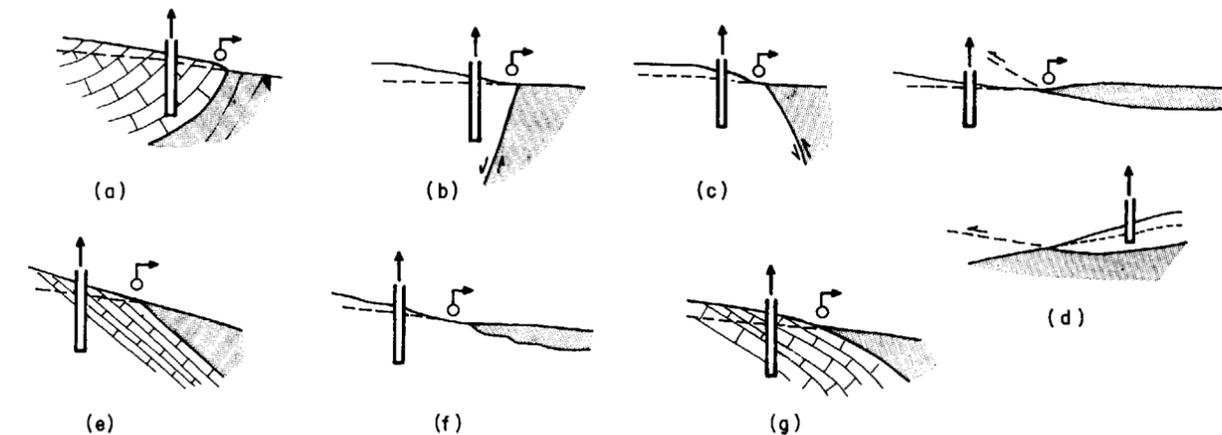


Figura 6

C) Pozos «aguas abajo» del manantial (fig. 7)

Este sistema implica, para que sea efectivo, las mismas condiciones topográficas y de permeabi-

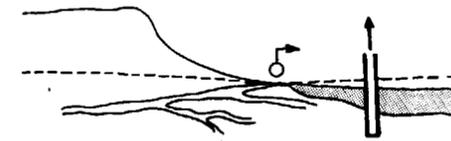


Figura 7

lidad que en el caso precedente. Con respecto a la topografía, indicar que las condiciones suelen ser más favorables que en la opción anterior, ya que «aguas abajo» de un manantial suele aparecer una llanura o un valle (el que forma el río que da origen al manantial, por ejemplo), mientras que hacia arriba es frecuente que el relieve sea abrupto.

En cuanto a la geología este caso es más limitado, ya que necesita que el acuífero continúe «aguas abajo» y en profundidad. Esto ya no puede darse en un borde sinclinal tal como representábamos en el apartado anterior (fig. 6 a), o en una serie buzando «aguas arriba», aunque si como mostramos en la figura 8 a, tampoco se da en una falla inversa o normal con el labio impermeable situado en la parte baja y el plano inclinado como en la figura (b). Sin embargo, es posible en series buzando «aguas abajo» (c), fallas normales o inversas, aunque aquí la perforación necesita ser profunda (d), bordes anticlinales como

se ve en la figura 8 (c), cabalgamientos (e), recubrimientos (f), especialmente los delgados por el ahorro que supone la perforación.

D) Captación en el propio manantial (fig. 9)

Los pozos están ubicados en el manantial. Las condiciones necesarias son semejantes a las de los pozos situados «agua arriba» de la emergencia.

En manantiales cuyo acuífero no aflora y la emergencia brote aparentemente en las rocas que ocultan dicho embalse subterráneo, puede ser quizá la propia fuente el lugar más indicado para su captación, a falta de otros indicios, datos o estudios más detallados.

Entre otros numerosos casos conocidos, se puede citar el de la fuente de l'Aün Ben Merzong, cerca de la ciudad de Constantina (Argelia) donde, desde 1957, se han podido explotar 750 l/s. para un caudal de estiaje estimado en 450 l/s. (PALOC y MIJATOVIC, 1984). Otro ejemplo es la exurgencia de la Clotte, en Chavente (Francia) donde se elevan 125 l/s. con un descenso de nivel de 4 m., mientras que su caudal natural hubiese sido de 40 l/s. (PALOC y MIJATOVIC, 1984).

La fuente de Jergaly (Checoslovaquia) es otro ejemplo de captación en la misma fuente, asegurando 0,25 m³/s. de caudal, lo que representa en estiaje un aumento de 100 a 120 l/s. (KULLMAN, 1984). En la URSS, la fuente de Djeskazgan se ha podido regular para el suministro de una planta de lavado mineral, utilizando un ingenioso siste-

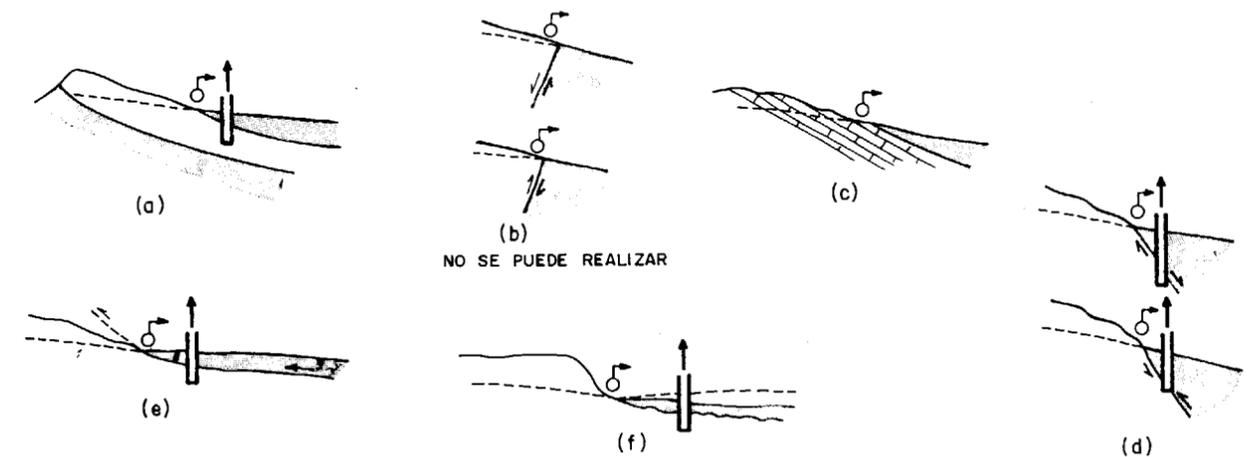


Figura 8

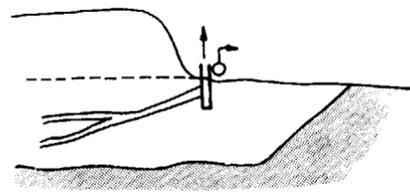


Figura 9

ma que permite la explotación de 63 l/s., mediante pozos que no necesitan bombeo (KHORNIKAINEN, 1984).

En España, el bombeo en el propio manantial es la obra de captación más frecuente.

#### E) Central subterránea con pozos en conductos o drenes principales

Muchos manantiales kársticos tienen, en ocasiones, caudales tan grandes que no se pueden explicar si éstos no están asociados a conductos drenantes de gran sección (decimétricos o métricos).

Una posibilidad a seguir si se conoce la galería subterránea sumergida por la que drena la fuente, es ubicar los pozos de explotación en ella, a la máxima profundidad posible bajo la cota de emergencia del manantial, a fin de contar con mayor embalse de regulación.

Para evitar una elevación por bombeo excesiva, conseguir un mayor espesor saturado y zona de mayor permeabilidad, los pozos se pueden situar en una central subterránea excavada en la roca, sirviendo esta galería como túnel para la instalación de la tubería de conducción. Esto mismo se puede hacer aprovechando una galería natural emergida encima del conducto principal, que es relativamente frecuente en los manantiales, pues representan su antiguo nivel de drenaje. Así, por ejemplo, la cueva baja de la Galiana (Ucero-Soria), de cerca de 1 km. de recorrido, se encuentra situada 2 ó 3 m. encima del manantial de Ucero (1.000 l/s.) (HERNANZ, 1971).

Todo esto requeriría una investigación subacuática previa del dren o conducto principal, localizándolo y cartografiándolo mediante hombres rana o espeleobuceadores, tal como se ha hecho para las obras de regulación en el manantial de Lez (Francia) (AVIAS, 1984).

En España se han realizado algunas de estas exploraciones, entre otras, en el manantial del Pozo Azul (Burgos) de 1.000 l/s. de caudal y con 1.300 m. de recorrido y unos 20 m. de profundidad media (SANZ y MEDINA, 1986), y en la Fuentona de Muriel (Soria), de también 1.000 l/s. y con un sifón de unos 150 m. de recorrido y 52 m. de profundidad (SANZ y MEDINA, 1986), aunque el objetivo era deportivo y científico. En nuestro país, se conoce la existencia de más de 60 manantiales asociados a conductos kársticos penetrables para el hombre, lo que da idea de la abundancia de estas galerías y las posibilidades de su aprovechamiento para la captación (Com. Oral. de Medina Ferrer. Grupo de Espeleobuceo Standar).

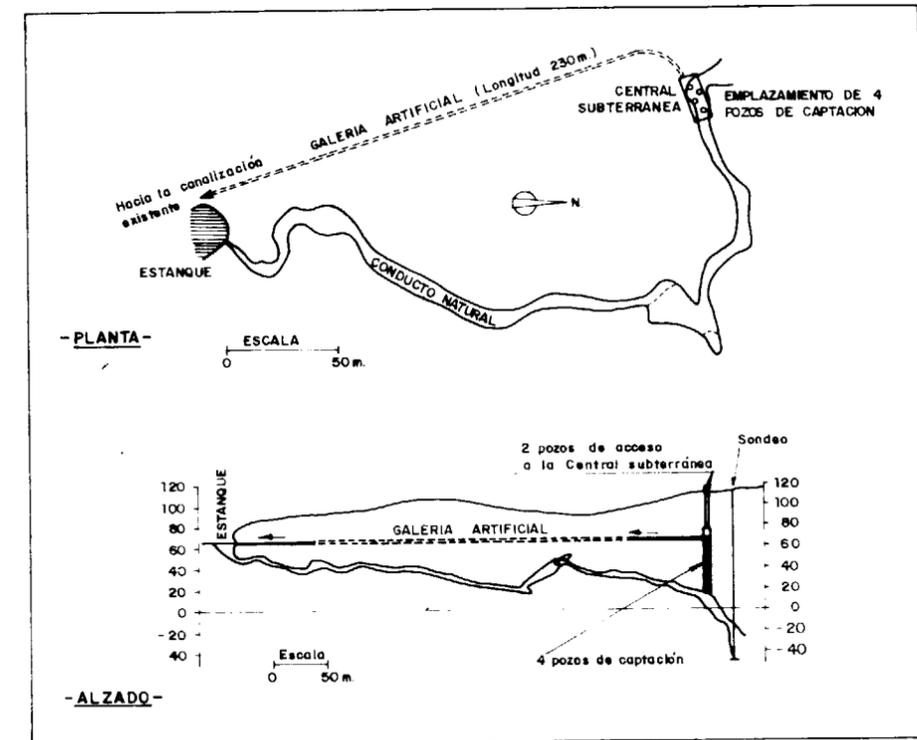
El mejor ejemplo que existe es la captación de la fuente de Lez para abastecimiento a la ciudad de Montpellier (Francia). Lo más interesante del trabajo realizado en la regulación de esta fuente es que se han ensayado todos los procedimientos de exploración y localización de galerías sumergidas profundas. La consulta de estas investigaciones se pueden hacer en el trabajo de AVIAS (1984); aquí tan sólo señalar que entre los procedimientos ensayados —y que abarcan desde la exploración por hombres rana hasta sofisticadas campañas geofísicas—, los que mejor han resultado han sido los de la exploración directa de los buceadores, que además suponen menos coste.

Esta exploración permitió un conocimiento exacto de los conductos y la elección del dispositivo explicado al principio, tal como se puede ver en la figura 10. Comprende un pozo de 40 m. de profundidad, desembocando abajo en una sala de bombeo, en donde se han hecho varios sondeos de 23 m. de profundidad que captan un conducto principal. De esta sala parte una galería horizontal de 1,80 m. de diámetro para la evacuación de las aguas bombeadas hasta la fuente. El caudal máximo previsto es de 2,2 m<sup>3</sup>/s.

#### F) Drenes horizontales (fig. 11)

Se consigue llevar el agua por gravedad y regular el manantial sin necesidad de bombeo. Un inconveniente puede ser el que se pierde cota con este dispositivo.

Es aplicable en manantiales emergentes en contactos verticalizados o inclinados permeable-impermeable con embalse subterráneo debajo de la cota de la fuente. Requiere condiciones topográficas favorables, es decir, emplazamiento final del dren o drenes a la cota más baja con respecto a la de emergencia con emboquillado en los materiales impermeables. Las actuales máquinas de perforación o rotoperusión hace aún más sencilla la construcción y se evita también el bombeo. Sin embargo, existe la posibilidad de no interceptar sectores de permeabi-



CONDUCTO SUBTERRANEO Y TRABAJOS DE ACONDICIONAMIENTO DEL MANANTIAL DE LEZ (MONTPELLIER, FRANCIA). (Avias, 1984)

Figura 10

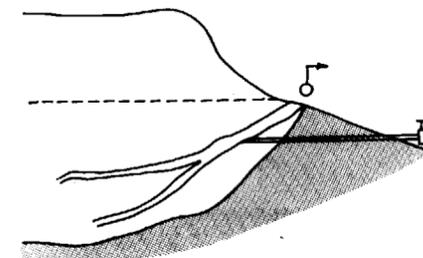


Figura 11

lidad preferencial, bien por limitaciones en la longitud del dren o por su inevitable desviación durante la perforación (BAYO, 1986). Aun a pesar de que el dren haya llegado al acuífero, éste debe continuarse a través de él a fin de tener mayor posibilidad de cortar colectores principales en la roca.

La galería o el dren se pueden hacer frente al manantial o en un lateral del acuífero. En ambos casos es necesario disponer de un piezómetro de observación que nos indique las variaciones del nivel piezométrico durante la explotación. Si la galería no va a hacerse debajo del manantial, tendremos que saber también, mediante piezómetro, la situación del nivel antes de la perforación.

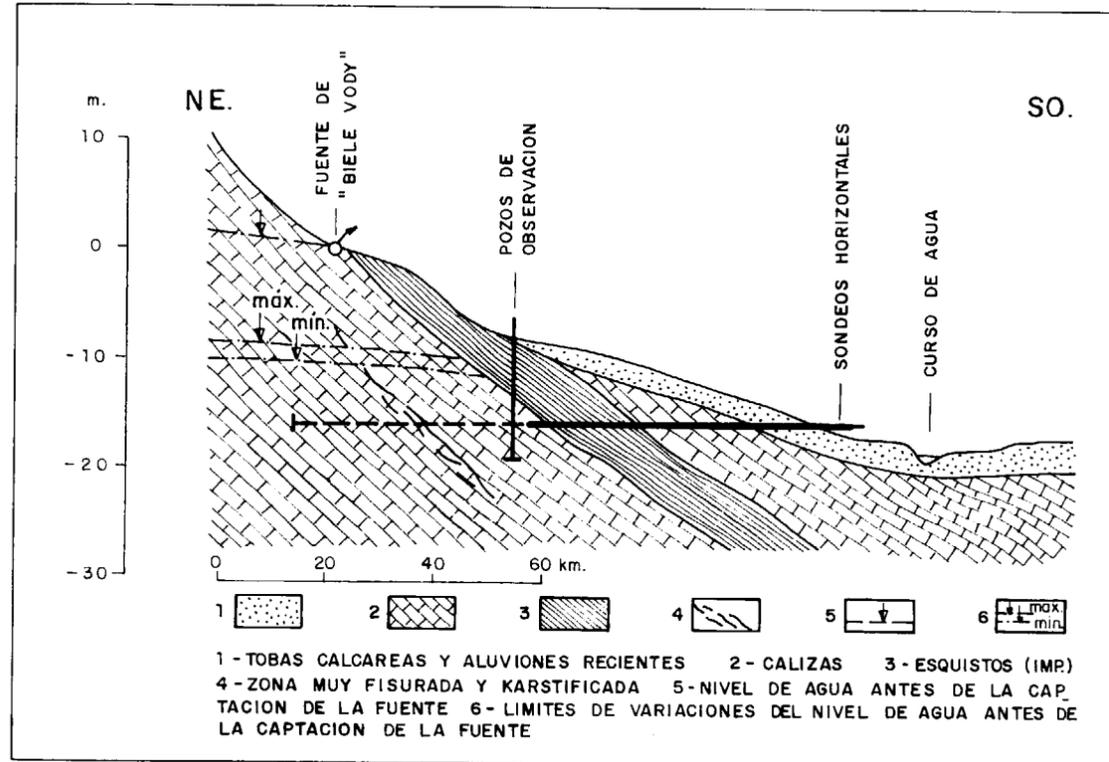
Como ejemplo de captación de una fuente kárstica mediante sondeo debajo del manantial, podemos citar la de Biele Vody (Checoslovaquia) (KULLMAN, 1984). Esta fuente nace de un contacto de barrera y se intentó regularizar su caudal. Para ello se hizo una captación que consistió en dos sondeos horizontales de 200 mm. de diá-

lidad preferencial, bien por limitaciones en la longitud del dren o por su inevitable desviación durante la perforación (BAYO, 1986). Aun a pesar de que el dren haya llegado al acuífero, éste debe continuarse a través de él a fin de tener mayor posibilidad de cortar colectores principales en la roca.

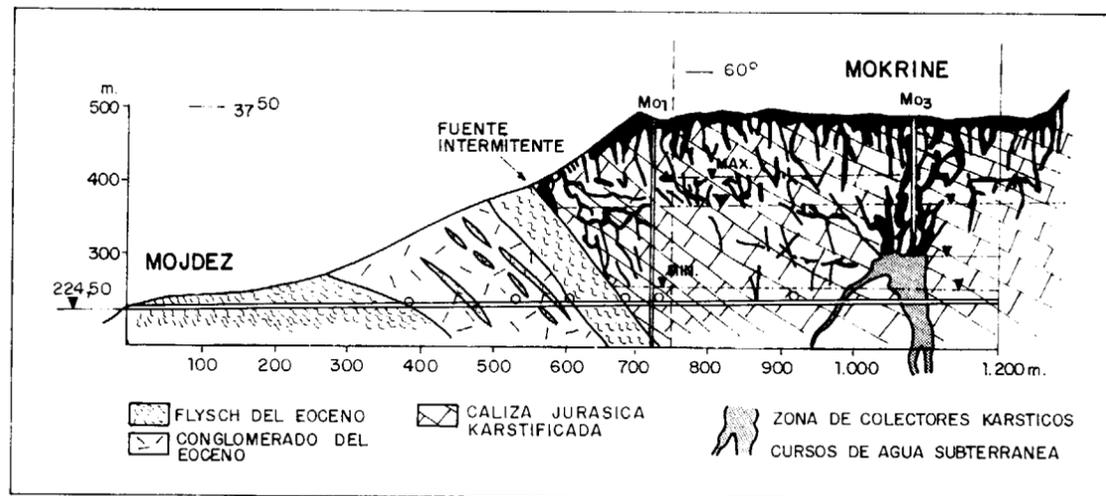
metro y 160 m. de longitud, situados 16 m. debajo de la fuente. Se hizo también un piezómetro de observación para saber cómo variaba el nivel freático. Así se consiguió llevar el agua por gravedad y regular el manantial sin bombeo (fig. 12).

En la región de Hercegnovi (Yugoslavia) se captó una fuente mediante una galería practicada lateralmente al acuífero. La fuente en cuestión tiene 3,5 m<sup>3</sup>/s. y se sitúa en la costa del mar Adriático. La galería tiene 1.200 m. de longitud,

Figura 12



CORTE HIDROGEOLOGICO DE LA FUENTE DE BIELE VODY (CHECOSLOVAQUIA) (Kullman, 1984)



GALERIA DE HERCEGNOVI (YUGOSLAVIA) (Mijatovic, 1975)

Figura 13

atraviesa lateralmente el acuífero y se sitúa por debajo del nivel mínimo piezométrico observado (antes se realizó un piezómetro para conocer los niveles). La galería encontró durante bastante trayecto una caliza compacta, pero se siguió perforando hasta encontrar una zona de colectores. Así se regularizó el manantial, asegurando un caudal de 300-400 l/s. en estiaje con un descenso de 25 m. en el nivel piezométrico (fig. 13) (MIJATOVIC, 1984).

En España se inicia por Clemente Sáenz García en 1936-37 unas obras de captación en el manantial de Fuentetoba (Soria), para traída de aguas a la capital de la provincia. El proyecto quedó después abortado y no se llegó nunca a terminar.

Dicha fuente drena un sinclinal colgado cretácico y tiene un caudal muy variable comprendido entre 5 y 1.000 l/s. aproximadamente. Se pensaba regularlo mediante una galería dotada de grifo. Los trabajos ingenieriles fueron encaminados en tal sentido. Primero se reconoció detalladamente la geología del manadero localizando el lugar del brote, enmascarado por derrubios y tobas. Posteriormente se comenzaron las faenas para hacer una galería algo más abajo del contacto en barrera entre las rocas impermeables y permeables, como se puede ver en la figura 14. La averiguación de que el manantial salía a 26 m. por encima

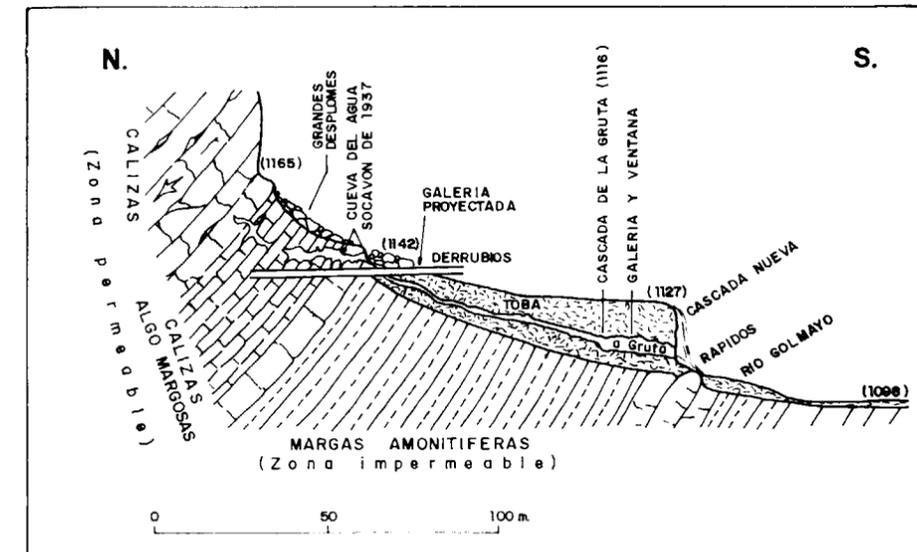
de donde se creía, era una ventaja pues se aseguraba presión para llevar el agua por gravedad (SÁENZ GARCÍA, 1954).

En nuestro país, aunque se han perforado miles de kilómetros de galerías en Canarias, la experiencia que existe en este campo es muy escasa y está relacionada más bien como un problema asociado a la construcción de túneles para otros fines. Efectivamente, numerosos túneles han cortado vías preferentes de drenaje y han secado o disminuido el caudal de los manantiales de superficie, vaciándose el agua por la perforación, al menos durante el tiempo que ésta estuvo sin revestir.

G) *Combinación pozo-galería o galería-pozo*

Se trata de situaciones combinadas de los casos vistos anteriormente. La conjunción pozo-galería con drenes frente al manantial se puede hacer cuando existe la certeza de alcanzar conductos o zonas de elevada permeabilidad. Puede esquematizarse la anterior solución en la figura 15.

Como inconveniente cabe citar el limitado descenso que puede provocarse (salvo casos excepcionales, menos de 50 m.) aunque es una solución favorable desde el punto de vista energético e



CORTE TEORICO DEL MANADERO DEL GOLMAYO (Saenz García, 1954)

Figura 14

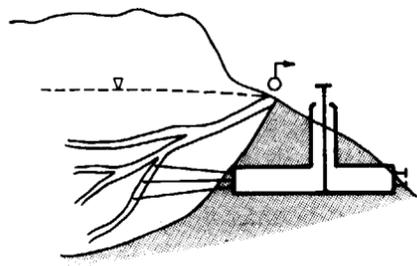


Figura 15

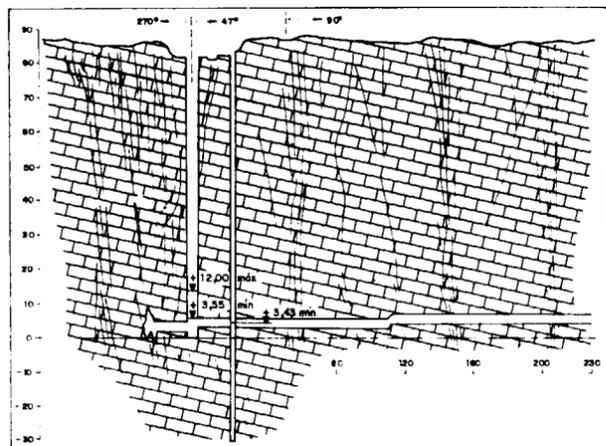
interesante según la regulación que se pretenda (BAYO, 1986).

En zonas costeras es muy interesante la combinación de un pozo con una galería a ras del nivel piezométrico a fin de captar el agua dulce de arriba, o una galería con pequeños pozos de bombeo ubicados a lo largo de ella.

Dos ejemplos ilustran los casos mencionados:

El primer ejemplo trata de la captación mediante una galería en un acuífero kárstico de la costa dalmata: Rinsk Bunan, en Trogir (Yugoslavia) drenado por fuentes costeras. Es una galería próxima al mar (2 ó 3 km.) realizada para captar agua dulce, aunque con el riesgo de contaminación marina. Para ello se hizo primeramente un sondeo de reconocimiento con el que se determinaron los niveles máximo y mínimo del nivel freático. Luego se perforó un pozo hasta el nivel del mar y posteriormente se excavó una galería horizontal drenante en dirección perpendicular a las fallas que se reconocían en superficie y que se suponía representaban zonas de drenaje preferencial. La galería se hizo a la cota correspondiente al nivel mínimo observado, pero se vio que durante el bombeo en el pozo había contaminación de agua marina. Se solucionó el problema subiendo un poco la cota de la galería, de tal manera que así se obtienen unos 100 a 200 l/s. de la delgada capa que flota sobre el agua salada (fig. 16) (MIJATOVIC, 1974 y 1977).

La galería subterránea Zvir II, en Rijeka (Yugoslavia), se trata de una captación en la orilla del río Rijecina, cerca del mar. El acuífero está drenado también por fuentes costeras. La galería tiene 400 m. de longitud y se situó en la zona de fluctuación del nivel piezométrico. En las seis zonas falladas o fracturadas que se cortaron y que



POZO Y GALERIA DE RIMSK BUNAN, EN TROGIR (COSTA DALMATA YUGOSLAVA) (Mijatovic, 1974 y 1977)

Figura 16

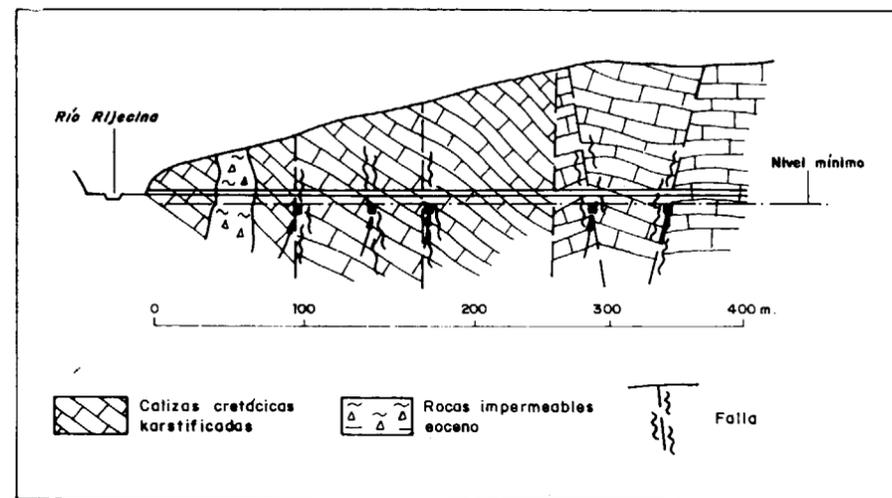
eran colectores de agua, se hizo unos pozos de 10 m. de profundidad por debajo del nivel mínimo freático; en ellos se instalaron bombas que extraían unos 30 l/s. de cada uno; en períodos húmedos también circulaba agua por la galería. Se pudo constatar que dichos pozos no estaban en conexión hidráulica entre ellos, lo que suponía una condición favorable para la no intrusión del agua marina, ya que si se hubiesen bombeado 150 l/s. en un solo sondeo, habría provocado la llamada del agua de mar (fig. 17) (BIONDIC y GOATTI, V. 1984).

2.2.2. Acciones de acumulación

Es posible que lo que nos interese es elevar el nivel freático, almacenando agua dentro del acuífero a fin de regular el manantial, logrando además una subida de la cota de drenaje. En China hay multitud de fuentes que para conducir el agua por gravedad se utiliza este procedimiento (PALOC y MIJATOVIC, 1984).

Podemos, desde luego, regular un manantial mediante presas de superficie aguas abajo de éste, poniendo o no en carga el manantial y utilizando en parte la porosidad eficaz que el embalse «oculto» subterráneo nos brinda. En España hay numerosos embalses cuya alimentación proviene en su mayor parte de manantiales kársticos, tal como decíamos en la primera parte de este trabajo.

El almacén que se consigue con esto dependerá



GALERIA SUBTERRANEA DE RIJEKA (YUGOSLAVIA). (Biondie y Goatti, 1984)

Figura 17

de la altura que subamos el nivel piezométrico y de la capacidad del embalse subterráneo, que estará en función de la porosidad eficaz y de la geometría del acuífero. Por regla general no suele ser mucho el stockage que se consigue. El éxito dependerá además de la incidencia del nivel en distancia y altura, es decir, en la existencia o no de escapes naturales.

Los diferentes tipos de captaciones que tenemos son los siguientes:

A) Taponamientos y pantallas impermeables

El taponamiento consiste simplemente en obstruir el manantial o su conducto asociado mediante un muro o murete (fig. 18). Este mismo efecto puede conseguirse impermeabilizando el terreno con pantallas mediante inyecciones por sondeos. Con ello se consigue elevar el nivel freá-

tico obligando a salir la fuente generalmente por un trop-plein o rebosadero (ARENILLAS, 1982). Es conveniente hacer un ensayo previo de obturación a fin de averiguar los escapes del agua y conocer también la porosidad eficaz del macizo.

Vamos a citar algunos ejemplos:

El primero, y aunque las obras no fueron encaminadas a la regulación del manantial, sino a experimentar el comportamiento de éste al ponerlo en carga pues quedaría sumergido bajo un embalse, es la fuente de L'Evêque, una de las más importantes de Francia (6,5 m³/s. de caudal) y que iba a quedar sumergida bajo 67 m. de agua por el embalse de Sante Croix du Verdon (Francia meridional). La presa fue construida por «Electricidad de Francia». El estudio iba encaminado a evaluar los efectos que provocaría la puesta en carga de la fuente, referente al cambio del régimen del drenaje subterráneo, es decir, para localizar posibles pérdidas en el vaso. Se hicieron diversos ensayos cerrando el conducto del manantial, obteniendo así la información deseada y también datos sobre las posibilidades de almacenamiento ofrecidas por el acuífero calcáreo (porosidad eficaz). Los ensayos realizados para diferentes valores de caudal de la fuente comprendido entre 2,4 y 12,2 m³/s., han constatado que el volumen de huecos que se rellenarían es muy variable según la altura del agua en el acuífero, pero que en todo caso era muy pequeña (THE-ROND, 1973).

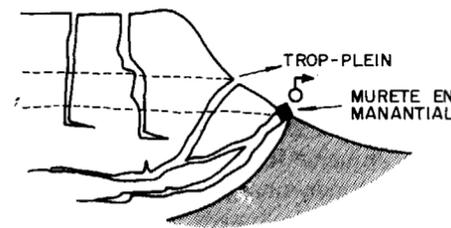


Figura 18

En China se enumeran varios centenares de casos, sólo en las provincias de Yunnan y de Guizhon, y donde el más importante que se ha conseguido es una fuente de 1 m<sup>3</sup>/s. elevándola 30 m. por encima de su salida inicial (PALOC y MIJATOVIC, 1984).

Otras veces, la impermeabilidad de las pantallas van encaminadas a la creación de un acuífero artificial aguas arriba del manantial, ya que esta solución nos puede interesar más. Así, en Yugoslavia, se estudia actualmente un proyecto de almacén subterráneo en un acuífero calizo próximo a la villa de Zedar. Para ello se ha hecho una pantalla de estanqueidad inyectando una franja de caliza de 120.000 m<sup>3</sup>, necesitando la ejecución de 32.000 m. de sondeo y la utilización de 100 kg. de materia seca por metro. Con ello podrá obtenerse una acumulación hídrica subterránea superior a 25 Hm<sup>3</sup>. Se piensa hacer después diez pozos en emplazamientos convenientes dentro del acuífero, con un caudal conjunto de 500 a 700 l/s. (MIJATOVIC, 1984).

Aparte de los casos que hemos visto, la realización de muros y pantallas adquieren en los karsts costeros una especial importancia, por cuanto que consiguen recuperar fuentes submarinas o emergencias difusas que van directamente al mar, situadas a veces a larga distancia de la costa. Con ello se consigue subir el nivel piezométrico, evitando la intrusión marina y aumentando el caudal de explotación o la captación directa de la fuente.

Las fuentes submarinas de calizas se encuentran en numerosos países y es especialmente importante en la región mediterránea, una de las zonas del mundo con mayor territorio ocupado por rocas carbonatadas (KOHONT, F. A., 1966) (BURDON y PAKIS, 1963). Queremos señalar aquí que España tiene muchos kilómetros de costa en terrenos calcáreos y que estos métodos de captación están muy poco desarrollados o no se conocen.

Veamos algunos ejemplos sobre realizaciones de este tipo:

En Orebic (Yugoslavia) hay un acuífero calcáreo que está en contacto con el mar Adriático en tres puntos de escasa longitud (1.000 m.) (fig. 19). Se ha hecho una obturación de las galerías submarinas en estas zonas calcáreas y se ha visto subir el nivel del agua subterránea dulce y una

progresiva desalinización de ésta, mejorándose así las condiciones de captación (KOMATINA, 1984).

El caso más célebre es el de Port-Miou, en la región de Marsella (Francia), donde una presa sumergida de mezcla de cemento ligero y bentonita, edificada mediante buceadores, ha permitido la obstrucción de una galería de sección grande (cerca de 20×20 m.) enteramente desarrollada debajo del mar, aguas arriba del manantial, y a unos 10 y 20 m. debajo del nivel del mar. Los métodos utilizados para la investigación ofrecen combinación de operaciones de buceo, geofísica y sondeos (POTIE y TARDIEU, 1974).

Se puede citar aquí, igualmente, el papel separador entre las aguas dulces y saladas que ha sido obtenido por la puesta a punto de una presa flotante ceñida alrededor de la importante fuente litoral de Ayo Yeorios, en Argos (Grecia) (PALOC y MIJATOVIC, 1984).

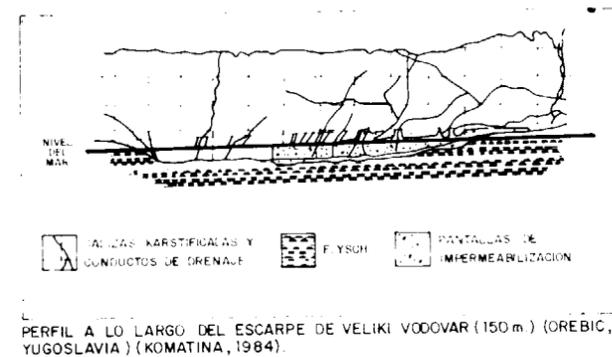


Figura 19

#### B) Presas

Se trata de construir una presa de cierta envergadura en el manantial si las condiciones geológicas y topográficas son favorables. Cabe aquí recordar la crítica efectuada al principio respecto a la elevación artificial del nivel de saturación, pues no supone un gran volumen de agua retenido a causa de la baja porosidad eficaz. La capacidad de almacenaje puede aumentarse si se combina además con una galería de captación por debajo de la cota de emergencia del manantial (figura 20).

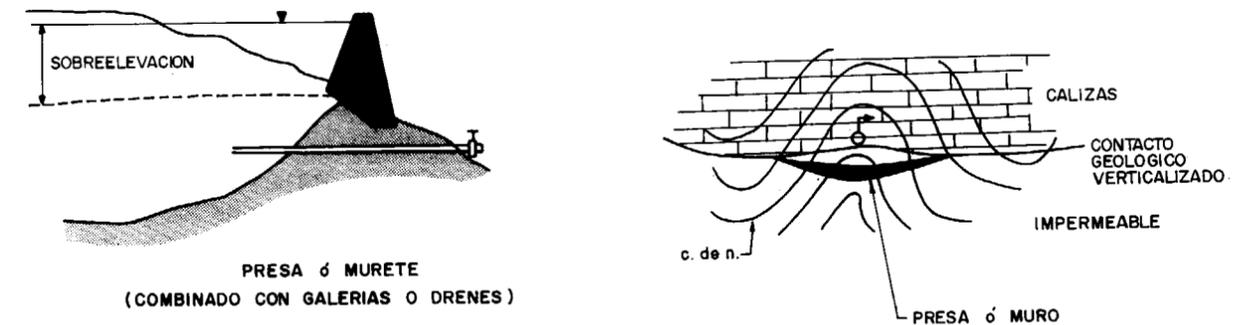


Figura 20

El peligro principal en este tipo de obras es el escape de aguas por un lateral de la cerrada o por algún punto del vaso subterráneo. Ello puede solucionarse con pantallas impermeables en algún caso. La subida del nivel puede abrir antiguas vías de drenaje no funcionales actualmente, desobstruyéndolas.

Existen pocas realizaciones de este tipo, aquí vamos a citar el ejemplo de la presa de Dardenne (MARTEL, E. A., 1921), construida en 1911 en la región de Toulon (Francia). Se trata de una presa de 36 m. implantada un poco aguas abajo de una fuente kárstica perenne: La Faux, asociada a algunas fuentes cercanas trop-plein y cuyo caudal de estiaje era suficiente para asegurar, en aquella época, las necesidades de la población. Además del agua retenida en superficie, los autores del proyecto habían evaluado la posibilidad de almacenar una gran cantidad de agua subterránea en el acuífero, a juzgar por la intensa fracturación y karstificación del macizo. Sin embargo, cuando se construyó la presa, se comprobó que de los 1,5 Hm<sup>3</sup> de embalse, tan sólo 1/3 era almacenado subterráneamente, proporción 3 ó 4 veces inferior a lo que se había previsto.

La presa de la fuente de L'Evêque, citada anteriormente, es otro ejemplo.

No vamos a tratar aquí la problemática de las presas de los embalses de superficie referidas en particular a su estanqueidad. Hay diversos ejemplos españoles (ARENILLAS, 1982; ARAGONÉS y SAHUQUILLO, 1975) y extranjeros (DUBERTRET, 1984) (MIJATOVIC, 1984) (AVIAS, 1984), que se refieren a ello. Es especialmente interesante la lectura de 10 monografías reunidas por THEROND (1973).

#### 4. LA EXPLOTACION

Una vez instalados y equipados los equipos de captación sólo resta poner en explotación el acuífero, adecuando la extracción a la demanda actual y futura, teniendo en cuenta de no rebasar los límites de la sobreexplotación.

Otra precaución que hay que tener en cuenta es la protección del acuífero ante la contaminación pues, como ya se ha dicho, los embalses subterráneos son difícilmente depurables. En este sentido, una sencilla planificación, previsión o control de los focos contaminantes puede ayudar mucho. Por ejemplo, refiere ARENILLAS (1982), cómo es relativamente frecuente que las fuentes que brotan al pie de las calizas de los páramos de nuestras mesetas, son contaminadas por los vertidos de los propios pueblos que se abastecen de ellas, ya que la situación de estas poblaciones coincide con las de los manantiales.

#### 5. EJEMPLO ESTUDIADO: LA REGULACION DEL MANANTIAL DE VOZMEDIANO (SORIA)

El manantial de Vozmediano se encuentra al pie de la ladera norte del Moncayo, cerca del pueblo soriano del mismo nombre, a pocos kilómetros del límite con la provincia de Zaragoza. Da lugar al nacimiento principal del río Queiles, afluente por la derecha del Ebro, desembocando en la ciudad navarra de Tudela.

Este manadero tiene un caudal medio de 1.130

litros/s., y es bastante regular, pues oscila entre los 2.500 l/s. y los 500 l/s. del estiaje.

El estudio hidrogeológico de esta fuente ha sido tratado en anteriores trabajos nuestros (SANZ PÉREZ, 1984, 1985 y 1986) y entre otras conclusiones, mostrábamos un interesante caso de trasvase subterráneo de aguas de la vertiente mediterránea a la atlántica, que ya fue anunciada hace tiempo por SÁENZ GARCÍA (1953, 1958), y que nosotros hemos verificado ahora cualitativa y cuantitativamente.

Aparte del valor científico que pueda tener el karst de esta cara soriana de la Sierra del Moncayo y como ampliación de los estudios de mi Tesis Doctoral (SANZ PÉREZ, 1984), hemos creído oportuno completarlos con la posible gestión del acuífero de indudable interés práctico.

En efecto, la vega navarra y aragonesa del Queiles, con grandes posibilidades agrícolas, podría ver incrementada su actual superficie regable si se llevase a cabo la regulación del río Queiles. El tema ya fue estudiado con anterioridad por SÁENZ RIDRUEJO y otros autores (1968), proyectándose a tal fin un embalse de superficie en los Fayos de Tarazona. Esta sería de materiales sueltos, cerrando el barranco del Val, más amplio que el del Queiles. Este último río se desviaría mediante un azud y se llevaría por un túnel al vaso del Val. La capacidad sería de unos 29 Hm<sup>3</sup>. Dicho proyecto ha vuelto a cobrar actualidad al ser incluido dentro del plan de construcción de nuevos embalses que la Administración quiere llevar a término. Este mismo autor propuso la posibilidad de la regulación del manantial de Vozmediano como alternativa a la construcción de la presa, pues esta fuente aporta el 85 por 100 del agua de dicho embalse. En este apartado se analiza la dinámica hidráulica y se llega a la conclusión de que en principio el manantial podría ser regulado interanualmente mediante pozos u otro sistema de captación, adecuando las extracciones a las variantes estacionales y anuales de la demanda para abastecimiento y para riego de la huerta navarro-aragonesa del río Queiles, justificándose así las inversiones necesarias para completar el estudio de su viabilidad.

Los recursos hidráulicos de la zona están formados por el río Queiles de Vozmediano (1.130 litros/s.), el río Val (200 l/s.), manantial de San Juan (220 l/s.) y acequia de Irués (27 l/s.) pro-

veniente del río Huecha. Las posibilidades de aguas subterráneas en la vega del Queiles son ínfimas si consideramos que la mayor parte de los terrenos están constituidos por conglomerados, margas y arcillas terciarias impermeables.

En total se riegan 6.434 Ha que se extienden en los términos municipales de los Fayos, Torrellas, Tarazona-Cunchillos, Vierlas, Novallas y Mallón pertenecientes a la provincia de Zaragoza; y Monteagudo, Tulebras, Barillas, Ablitas, Cascanete y Murchante pertenecientes a Navarra.

### 5.1. Alternativa a un embalse de superficie

Como ya se ha dicho, la regulación del manantial puede suponer la alternativa a la construcción de un embalse de superficie en los Fayos de Tarazona o al menos podría combinarse con la utilización de éste.

Aparte de otras ventajas inherentes a los acuíferos y ya señalados al principio de este trabajo, como es la ausencia de evaporación y soterramiento (que en el barranco del Val puede ser importante), creemos que la razón principal sería el menor coste de las obras respecto a la presa. Además, se puede contar actualmente con un acuífero virgen, sin explotación y contaminación y que pensamos lo seguirá siendo a medio y largo plazo. También se puede pensar con la recarga artificial del río Araviana y evitar la oposición del pueblo más afectado por el proyecto, los Fayos, que verían inundadas sus huertas por el embalse.

El inconveniente quizá más importante sería seguramente las dificultades en la captación y alumbramiento de agua en las proximidades del manantial. Hay que tener en cuenta que el acuífero de Vozmediano es relativamente poco permeable, y que tan sólo las carniolas son los materiales verdaderamente filtrantes, y éstos no están representados en las proximidades del brote de agua. Es imprescindible por tanto llevar a cabo una campaña de sondeos y ensayos de bombeo en los alrededores de la fuente a fin de conocer la viabilidad del proyecto (FERNÁNDEZ DEL RÍO, 1986).

Por otra parte, la regulación del manantial implicaría el secado del mismo, al menos temporalmente, y disminución de su caudal, desapareciendo así un bello lugar de la provincia de Soria. Este paraje, con el surtidor de la fuente, el

Castillo de Vozmediano y la silueta del Moncayo nevado al fondo, es realmente notable, como es el de tantos otros grandes manaderos kársticos de España.

Aunque el proyecto fuese técnicamente viable, la decisión final sería de índole económica y política.

### 5.2. Características hidrológicas del acuífero

Se tiene un buen conocimiento de las características geológicas del acuífero y del funcionamiento del manantial (SANZ PÉREZ, 1984, 1985 y 1986) y no vamos a reincidir en ellas, tan sólo recordar que el sistema de Vozmediano tiene 130 kilómetros cuadrados de superficie de afloramiento, comprendiendo dos zonas claramente diferenciadas: un sector de areniscas y limolitas triásicas, con 59,5 Km<sup>2</sup> de superficie, y otro de rocas carbonatadas de 70,5 Km<sup>2</sup>, cuyo único exutorio es el manantial de Vozmediano.

Sin contar los 1,2 Hm<sup>3</sup> del río Aldehuela, empleados para riego, el acuífero tiene dos salidas con las siguientes cantidades medias anuales:

	Hm <sup>3</sup>
Manantial de Vozmediano ... ..	33,0
Río Araviana ... ..	2,6
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>35,6</b>

En lo que sigue y a efectos de regulación del manantial, se considerará que toda la salida de efectúa por el manantial de Vozmediano ya que, como hemos dicho, mediante ciertos procedimientos de recarga artificial creemos resultaría fácil y barato derivar las salidas del río Araviana a Vozmediano vía acuífero kárstico.

Para una serie estudiada de 29 años, se puede ver que, el manantial es de una gran regularidad estacional. Las fluctuaciones de los caudales diarios, también de un año medio, oscila entre los 500 l/s. y los 2.500 l/s. y su media es de 1.130 l/s. Ello no quiere decir que en alguna circunstancia de lluvias intensas no se llegue a rebasar el caudal de 2.500 l/s. si bien, por el contrario, es muy improbable que llegue a descender por debajo de los 500 l/s.

Por lo que se refiere a la variación interanual,

el manantial tiene una gran variabilidad interanual con frecuencias parecidas para los diferentes intervalos de caudales considerados, que en su 83 por 100 oscilan entre 26 y 50 Hm<sup>3</sup>.

### — Destino actual de las salidas del acuífero

Los 1,2 Hm<sup>3</sup> proporcionados por el río Aldehuela se canalizan para riego; los 2,6 Hm<sup>3</sup> que salen por el Araviana se filtran en los llanos de Noviercas ya fuera del sistema hidrológico que estamos considerando, y en algún caso llegan las aguas hasta el río Rituerto que las tributa al Duero. Los 33 Hm<sup>3</sup> que por término medio proporciona anualmente el manantial de Vozmediano, después de mover cuatro centrales eléctricas, 4,2 Hm<sup>3</sup> se destinan a consumo urbano e industrial y el resto (28,8 Hm<sup>3</sup>) junto con las aportaciones del río Val y el manantial de San Juan (de unos 6,3 Hm<sup>3</sup> anuales cada una) principalmente, o bien se destinan para riego en la época vegetativa, según se ha explicado anteriormente, o bien vierten al Ebro sin que se lleguen a utilizar en esta región.

En total se consideran como de regadío, en la rica vega del Queiles, unas 6.000 Ha, de ahí el interés de una regulación de dichas aportaciones o mejor dicho, puesto que los manantiales no destacan por su irregularidad, de una adaptación a las necesidades de consumo.

Nosotros vamos a ocuparnos del manantial de Vozmediano que además de proporcionar el 75 por 100 del agua disponible en la zona, ofrece, en principio, mayores posibilidades de regulación.

### 5.3. Regulación del manantial de Vozmediano

Por supuesto que no entra en nuestro ánimo, ni lo consideramos de nuestra competencia, el hacer un estudio completo sobre la viabilidad de tal regulación. Por otra parte, sería necesaria una información más detallada sobre las características hidrogeológicas de detalle de los alrededores del manantial, y un estudio sobre las ventajas económicas o de otro orden respecto al grado de regulación o su combinación con otras alternativas.

Nos limitaremos a determinar los estocajes de vaciado del acuífero bajo la cota del exutorio, que sean necesarios, bien para una regulación completa o bien para un porcentaje de la mis-

ma. Posteriores estudios de viabilidad y de rentabilidad fijarán el grado de regulación posible o más conveniente.

La regulación se centra en el acuífero que alimenta el manantial de Vozmediano y para el que suponemos una aportación media anual de 35,6 Hm<sup>3</sup> una vez incorporados a él los 2,6 Hm<sup>3</sup> que actualmente salen por el río Araviana. Esta disponibilidad de agua es la que va a servir para el cálculo de los diversos empleos y en la discretización del tiempo que tomamos el mes como unidad, tanto para los consumos como para las entradas de agua en el acuífero.

Haremos un ejemplo desarrollando el año medio por entender que puede ser la regulación más económica; pero seguidamente se hará una simulación a una serie de 21 años de los que se disponen datos, suponiendo que esta serie es lo suficientemente amplia para inferir diversos grados de regulación.

— Necesidades mensuales de agua

Para el cálculo de estas necesidades tomamos como datos básicos los que se contienen en el proyecto de la presa de los Fayos para la regulación de los ríos Val y Queiles (SÁENZ RIDRUEJO y otros, 1968).

La distribución actualizada de las necesidades y ajustada al agua disponible por meses, sería la siguiente:

**Distribución por meses del consumo de agua (en hectómetros cúbicos)**

Meses	Consumo urbano	Riegos	TOTAL	%	Caudal (l/s)
Octubre ... ..	0,35	0,94	1,29	3,6	498
Noviembre ... ..	0,35	0,63	0,98	2,8	378
Diciembre ... ..	0,35	—	0,35	1,0	135
Enero ... ..	0,35	—	0,35	1,0	135
Febrero ... ..	0,35	0,60	0,95	2,7	367
Marzo ... ..	0,35	1,60	1,95	5,4	752
Abril ... ..	0,35	3,33	3,68	10,3	1.420
Mayo ... ..	0,35	4,43	4,78	13,4	1.844
Junio ... ..	0,35	5,31	5,66	15,9	2.184
Julio ... ..	0,35	6,56	6,91	19,5	2.666
Agosto ... ..	0,35	5,56	5,91	16,6	2.280
Septiembre ... ..	0,35	2,44	2,79	7,8	1.076
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>4,20</b>	<b>31,40</b>	<b>35,60</b>	<b>100,0</b>	<b>1.373</b>

Como puede observarse, más del 75 por 100 de las necesidades se centran en los meses de abril a agosto, mientras que en este mismo período las aportaciones del manantial no llegan al 45 por 100.

De llevarse a efecto la regulación, los nuevos caudales mensuales producirían algún efecto en las cuatro centrales eléctricas situadas entre Vozmediano y los Fayos. De no ampliar la actual capacidad de transporte de los canales (1.750 l/s.) dejarían de turbinar 5 Hm<sup>3</sup> de agua, cantidad que es algo superior a la que ahora pierden por este motivo. Por el contrario lograrían una regularidad diaria, intermensual e interanual que ahora no tienen, desplazando las mayores producciones hacia la época de estiaje, con el consiguiente ahorro de otras energías sustitutivas.

— La regulación

Para la viabilidad de la regulación (existencia de almacén y posibilidad de bombeo en las cantidades requeridas) importa mucho la estructura del acuífero y sus características hidrogeológicas (geometría, porosidad, transmisividad, etc.), sobre todo en las proximidades del manantial, que es donde generalmente se ubican los diferentes procedimientos de captación. Ello exige investigaciones adicionales que, a la vista de la geometría en barrera, con el acuífero continuado aguas abajo del manantial en Vozmediano, y la gran en-

vergadura del embalse subterráneo, constituiría una inversión justificada.

Supuesta la viabilidad, analizamos aquí la gestión del acuífero, determinando los ritmos en el tiempo, tanto de las salidas como de las entradas y como consecuencia de los volúmenes de almacenaje previstos.

La igualdad entre entradas y salidas se concreta en la media anual de aquéllas que, como ya se ha dicho, es de 35,6 Hm<sup>3</sup>/año, por lo que se propone una regulación interanual completa.

La distribución mensual de las salidas es fija y han quedado concretadas en el punto anterior. Otra cuestión muy diferente es la de inferir el ritmo de las entradas dado su carácter aleatorio y en el que influyen varios factores. Nosotros podríamos haber seguido alguno de los métodos propuestos para salvar la consideración de tantas variables, y que tienen su fundamento en el régimen natural de los manantiales (SÁNCHEZ, 1983; apoyado en el trabajo de MERO (1963); SAHUQUILLO, 1983; etc.), ya que se dispone de los datos necesarios para ellos (pluviometría y caudales, coeficiente de agotamiento, etc.), pero la determinación de dichas entradas ya se tenía hecha para una serie histórica de 252 meses (entre octubre de 1959 y septiembre de 1980) como un paso intermedio de la aplicación de un modelo MERO que explicase el funcionamiento del acuífero (SANZ PÉREZ, 1985 y 1986).

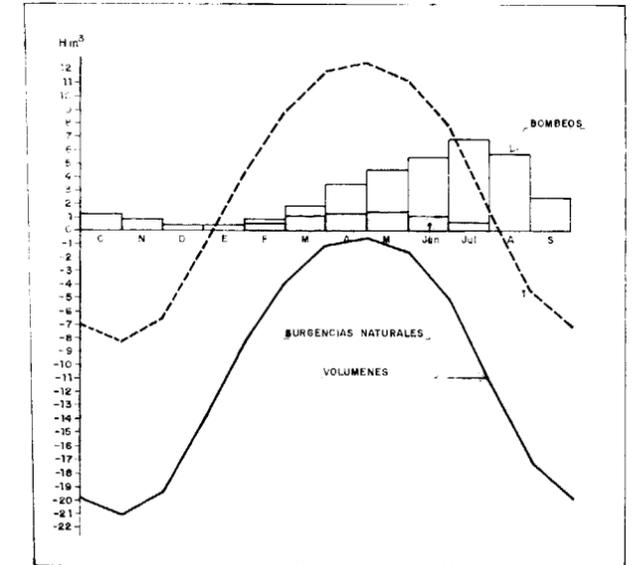
El ritmo de llegadas al manto, de la infiltración gravífica es el que aquí nos interesa.

— Simulación de regulación del año medio

Ya se ha dado la justificación de reflejar una simulación del año medio a pesar de que él no se presente exactamente en ningún caso. Es necesario suponer que el comienzo del año hidrológico (1 de octubre), el acuífero tiene un vaciado, por debajo del nivel de drenaje de -20 Hm<sup>3</sup>, ya que con ello no cumpliría la regulación completa mediante bombeos.

Los ritmos mensuales de salidas y entradas y de los volúmenes a finales de cada período serían los que se representan en la figura 21.

Si aceptamos las condiciones requeridas para la fórmula aproximada  $Q = \alpha \cdot V$  y se tiene en cuenta que el coeficiente de agotamiento de caudal básico, en nuestro caso, vale  $\alpha = 0,111 \text{ mes}^{-1}$ ,



REGULACION DEL AÑO MEDIO DEL MANANTIAL DE VOZMEDIANO (SORIA). (Sanz Pérez, 1987)

el vaciado inicial podrá reducirse en 13 Hm<sup>3</sup>, o sea fijarse en -7 Hm<sup>3</sup>. Los volúmenes almacenados por encima del nivel de drenaje (positivos y negativos) figuran en el gráfico en línea discontinua. En este caso, durante los meses de febrero a julio, el manantial aportaría de forma natural los caudales mensuales aproximados que también se indican en el gráfico en trazo rayado. Ello supondría una disminución de los gastos de bombeo y hasta en un cese temporal de los mismos.

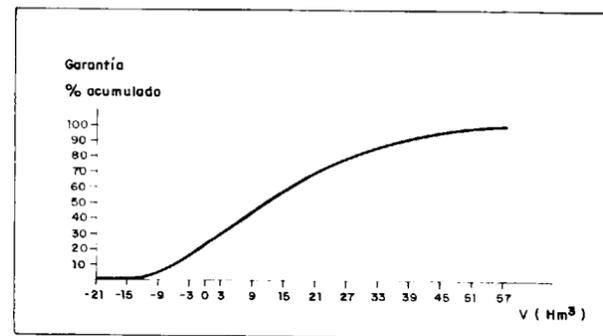
Si los bombeos están próximos al manantial, los cálculos anteriores han de considerarse como máximos, ya que la mayor parte del acuífero mantendrá su efecto regulador sobre las llegadas de agua al mismo.

— Simulación de la regulación en un período de 21 años (desde octubre de 1959 a septiembre de 1980)

En el citado trabajo, se calculaban los datos de llegada al manto para esta serie histórica de 252 meses, que en combinación con las salidas fijas para 12 meses de cada uno de los 21 años, arrojarían los stocks que se producirían a finales de cada uno de los 252 períodos, y para los cuales sería necesario habilitar un espacio de almacenamiento. Suponemos que esta serie es lo su-

ficientemente grande como para tomarla como representativa, del comportamiento del manantial y que podamos considerar como muy improbable, el que, con el consumo fijo prefijado, se produzcan stocks fuera del intervalo ( $-21 \text{ Hm}^3$ ,  $57 \text{ Hm}^3$ ).

La distribución frecuencial de dichos stocks se representa en la figura 22.



GARANTÍAS PARA LA REGULACIÓN INTERANUAL DEL MANANTIAL DE VOZMEDIANO (SORIA). (Sanz Pérez, 1987)

De esta curva de garantías se deduce que si se quiere lograr una regulación total por bombeos habría necesidad de producir un vaciado inicial de  $57 \text{ Hm}^3$ . No obstante, en esta curva se han hecho figurar las frecuencias acumuladas de volúmenes, como básicas para un estudio económico que permita analizar los costos y beneficios de los distintos grados de regulación parcial; así, por ejemplo, si se pretendiese regular por bombeo el 90 por 100 de la aportación, el vaciado inicial descendería a menos de  $39 \text{ Hm}^3$ , y aún se puede comprobar que con este vaciado el porcentaje de regulación llegará al 100 por 100 por las consideraciones expuestas en el apartado anterior para el caso de que los stocks sean positivos, o sea, por encima del nivel de drenaje. Aún en el caso de que el vaciado inicial se descendiese a  $29 \text{ Hm}^3$  (el 80 por 100 de la regulación por bombeo) quedarían unos pequeños excedentes en los meses de diciembre, enero y febrero, de 4 de los 21 años considerados.

Se han tomado las aportaciones medias mensuales del manantial de Vozmediano durante el mismo período de tiempo escogido para la regulación de la fuente, y se puede ver cómo para

una capacidad de  $29 \text{ Hm}^3$  que piensa puede tener el futuro embalse del Val, la garantía es más baja que regulando el manantial.

De todas formas, si se decidiese regular el río Val (con una aportación inferior a los  $7 \text{ Hm}^3$ , mediante embalse de superficie), se podría pensar en un menor descenso del vaciado inicial de Vozmediano, almacenando los excedentes en el embalse del Val y estudiando la combinación más interesante entre ambos embalses de superficie y subterráneo.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Sección de Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España por habernos facilitado el acceso al inventario de puntos de agua.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ARAGONÉS, J. M., y SAHUQUILLO, A. (1975): *Regulación mediante pozos del manantial kárstico de Deifontes (Granada)*. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires.
- ARAGONÉS, J. M., y SAHUQUILLO, A. (1975): *Los embalses permeables como elementos de recarga de acuíferos. Algunos ejemplos de la cuenca del Júcar (España)*. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. Buenos Aires.
- ARENILLAS PARRA, M. (1982): *El karst y las Obras Públicas*. Conferencia dada en el VIII Curso de Geología Aplicada a las Obras Públicas. Madrid.
- AVIAS, J. (1984): *Captage des sources Karstiques avec Pompage en periode d'etiage. L'exemple de la source du Lez*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 117-118.
- AVIAS, J. (1984): *Barrages en terrain karstique: l'exemple des barrages de Ceyrac, de la Rouvière et de Conqueyrac sur le fleuve Cévenol Vidourle et ses affluents dans le sud-est de la France*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 176-179.
- BARÓN PÉREZ, A.; FAYAS JOVER, J. A., y GONZÁLEZ CASANOVAS (1984): *Estudio hidrogeológico de un manantial kárstico intermitente: las Ufanas de Gabellí (Mallorca). Posibilidades de regulación*. I Congreso Español de Geología. Segovia, tomo IV, pp. 41-53.
- BAYO, A. (1982): *La exploración hidrogeológica de acuíferos en rocas carbonatadas desde la óptica de la explotación de recursos y utilización del almacenamiento*. Reun. Mon. Karst. Larra, 1982, Dip. Foral de Navarra, Pamplona, pp. 177-215.
- BAYO DELMAU, A.; CASTIELLA MURUZÁBAL, J.; CUSTODIO GIMENA, E.; NIÑEROLA PLA, S., y VIRGOS SORIANO, L. (1986): *Ensayo sobre las diversas tipologías de acuíferos en rocas carbonatadas de España. Identificación, técnicas de estudio y formas de captación y explotación*. Jornadas sobre el karst en Euskadi, San Sebastián, pp. 255-340.
- BECERRIL, E. (1959): *La regulación de los ríos*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 113 pp.
- BIONDIC, B., et GOATTI, V. (1984): *La galerie souterraine. «Z VIR II» a Rijeka (Yugoslavia)*. Hydrogeology of Karstic Terrain. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 150-151.
- BURDON, D. J., y PAPAKIS, N. (1963): *Handbook of Karst Hydrogeology*. FAO, 270 pp.
- CASTIELLA, S. (1986): *Posibilidades de regulación del manantial de Itxaco (Navarra)*. Jornadas sobre el karst en Euskadi, San Sebastián.
- DUBERTRET, L. (1984): *Le retenue de Qaraoun, au Liban: un exemple de retenue sur calcaires fissurés karstiques*. Hydrogeology of Karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz Hannover. Alemania.
- FERNÁNDEZ DEL RÍO, G. (1986): *El karst del Moncayo, posibilidad de regulación del manantial de Vozmediano (Soria). Drenaje del mismo*. Jornadas sobre el karst en Euskadi, San Sebastián, pp. 397-410.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1983): *Ingeniería hidráulica romana*. Capítulos I, III y V. Edit. Turner, 671 pp.
- HERNANZ, A. (1971): *La Cueva baja de la Galiana*. Celtiberia núm. 58.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (varios años): *Informes sobre proyectos de regulación de manantiales* (la cifra indica el número del informe catalogado en el Fondo de Documentación del IGME). Fuente de Maravillas de Tabernes (Almería) (30.520). Fuente Maestra de Macoel (Almería) (30.552). Fuente de Marbella (Nerja) (Málaga) (30.590). Fuente de la Villa de Antequera (Málaga) (31.021, 31.023, 31.049, 31.073). Fuentes de Guaro (Málaga) (31.090, 31.102). Fuente de la Coveta en Bocainente (Valencia) (31.642). Fuente de Bullous (Valencia) (31.656). Fuente Roja Alcoy-Alicante (31.746). Fuentes de Cotelles, Grau, Alecua y Serena (Jijona) (Alicante) (32.507). Fuente Osso de la Fuente en Tibi (Alicante) (32.510). Fuente del Jardín de Moratilla de Henares (Guadalajara) (35.576). Fuente de la Teja en Cortes de Baza (Granada) (35.576). Manantiales de abastecimiento de Oviedo (Asturias) (36.026). (Los proyectos aquí relacionados, se refieren no sólo a la regulación de manantiales, sino también a perímetros de protección, influencia de sondeos en las fuentes y simple captación.)
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (en prensa): *Mapa de acuíferos carbonatados de España* (en prensa).
- KHORDIKAINEN, M. A. (1984): *Experience de captage d'une source karstique du Kazakhstan Central (URSS)*. Hydrogeology of Karstic Terrain. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 119-122.
- KOHOUT, F. A. (1966): *Submarine Springs: A Neglected Phenomenon of Coastal Hydrology*. Reprint from Central Treaty Organization's Symposium on Hydrology and Water Resources Development, pp. 391-413.
- KOMATINA, M. (1984): *Control of ground water flow in the littoral karst. Orebic, Yugoslavia*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 156-157.
- KULLMAN, E. (1984): *Captage d'une source karstique par forages horizontaux. Exemple de la source Biele Vody (massif de la Velká-Fatra, T.) (Tchecoslovaquie)*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 123-125.
- KULLMAN, E. (1984): *Etude des possibilites de regulation du debit des sources de Parnica (Mala Fatra, Tchecoslovaquie) et observation des changements du chimisme des eaux souterraines*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 50-56.
- KULLMAN, E. (1984): *Etude en vue du captage et de l'exploitation les plus favorables de la source karstique de Jergaly (Velká-Fatra, Tchecoslovaquie)*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 54-56.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1970): *Fundamentos de hidrogeología kárstica*. Ed. Blume, 264 pp.
- MARTEL, E. A. (1921): *Nouveau traité des eaux souterraines*. Ed. Douin. Paris.
- MERO, F. (1963): *Application of the ground-water depletion curves in the analysis and forecasting of spring discharges influenced by wells*. Int. Ass. Scient. Hy. IUGS. Pub. núm. 63, pp. 107-117.
- MIJATOVIC, B. (1974): *Problèmes de contamination des captages d'eau douce dans les aquiferes karstiques littoraux par léau de mer*. Mémoires du III ème Symposium des hydrogéologues yougoslaves. Volum. 1, pp. 187-197. Opatija.
- MIJATOVIC, B. (1977): *Captage de Rimsk-Bunar dans un uvala karstique prés de Trogin et ses réserves exploitables*. Rapport/inédit de Geozarod, Beograd.
- MIJATOVIC, B. (1984): *Barrages de la retenue de Busko Blato (Yugoslavie)*. Hydrogeology of karstic Terrain. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 174-175.
- MIJATOVIC, B. (1984): *Captage par galerie dans la region de Hercegnovi (Yougoslavie)*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 126-129.
- MIJATOVIC, B. (1984): *Captage de utilisation de léau des aquiferes karstiques*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 101-111.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y URBANISMO (Serv. Geol. de Obras Públicas) (varios años): *Relación de proyectos so-*

## Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria)

Por L. GARCIA CACHO (1),

F. ANGUITA (2), V. ARAÑA (1), F. BARBERI (3), J. DIEZ-GIL (1), R. ORTIZ (1) y A. SBRANA (3)

### RESUMEN

La Formación Roque Nublo (F. R. N.) es un conjunto de materiales en el que predominan coladas lávicas y piroclásticas de edad pliocena, emitidas en un episodio eruptivo corto pero de intensidad extrema, en la isla de Gran Canaria.

Con el presente estudio se abordan nuevos aspectos de la evolución de la F. R. N. al haberse identificado ignimbritas s.s. en la serie, y reconocido la existencia de una importante caldera de colapso en la etapa final de las emisiones, conectada con una actividad resurgente y con importantes deslizamientos gravitatorios, de más de una decena de kilómetros de desarrollo longitudinal.

Estas nuevas líneas de trabajo se enmarcan en el estudio detallado de uno de los más espectaculares episodios de volcanismo explosivo en el archipiélago canario.

### ABSTRACT

Roque Nublo Formation (R. N. F.) consists mainly of a stratified succession of alkalic flows and explosive breccia sheets intruded by phonolite plugs, emitted in minus than a million years in the Early Pliocene in Gran Canaria, Canary Islands.

New field and geochemical data enable a more precise reconstruction of the magmatic, eruptive and post-eruptive processes that shaped R. N. F.

The most significant new data are the identification of ignimbrite cooling units in the formation, the reconstruction of a huge caldera formed by terminal collapse of the Roque Nublo main emission center, and the signs of resurgent activity which could be causal of the radial gravity slides, affecting kilometer-sized sectors of the formation.

### INTRODUCCION

La F. R. N. es un conjunto de materiales volcánicos diversos, lavas y piroclastos emitidos en Gran Canaria durante el Plioceno Inferior, cuyo aspecto más llamativo y espectacular es la presencia de coladas piroclásticas peculiares que han venido siendo denominadas «aglomerados Roque Nublo» (fig. 1).

Estos «aglomerados» están representados por potentes mantos de hasta 100 m. de potencia unitaria en la parte central de la isla. Dichos mantos

(1) Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

(2) Departamento Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense. Madrid.

(3) Dipat. Scienze della Terra. Univ. Pisa. CNR. Italia.



Figura 1.—Detalle de un aglomerado típico.

- bre regulación de fuentes. Río de los Santos (Valencia) (1972) (un informe). Manantial de Deifontes (1974 y 1983) (dos informes). Manantial de Algar (1975, 1977, 1978, 1980, 1982) (11 informes). Fuentes de Marbella (1982) (un informe).
- PALOC, M., et POUL, X. (1984): *Travaux de reconnaissance en vue du captage d'une source temporaire: source des Freigeres (Nimes Gard-France)*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 130-133.
- PALOC, H., et MIJATOVIC, B. (1984): *Captage et utilisation de l'eau des aquiferes karstiques*. Hydrogeology of karstic Terrains. Case Histories. Vol. 1. A. I. H. Verlag Heinz. Hannover. Alemania, pp. 101-112.
- POTIE, L., et TARDIEU, B. (1974): *Etude et captage de resurgences d'eau sousmarire*. Bulletin du BRGM, pp. 5-17. Orleans.
- PULIDO BOSCH, A. (1983): *Los modelos matemáticos aplicados al estudio de acuíferos kársticos*. III Simposio de Hidrogeología. Madrid, pp. 13-23.
- SAENZ GARCÍA, C. (1953): *Anecdotario geológico de los rios sorianos*. Celtiberia núm. 6. C. E. S. Soria, pp. 201-218.
- SAENZ GARCÍA, C. (1958): *Miscelanea de la historia fluvial española*. Notas y Comunicaciones del Instituto Geol. y Min. de España, núm. 50, pp. 149-180.
- SAENZ GARCÍA, C. (1954): *Pico Frentes*. Celtiberia núm. 10, pp. 245-274.
- SAENZ RIDRUEJO, C. (1983): *La utilización conjunta de España*. Curso sobre «Utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas». Valencia-Castellón de la Plana. Serv. Geol. de Obras Públicas. Univ. Politécnica de Valencia, pp. 1-9.
- SAENZ RIDRUEJO, C., y otros (1968): *Estudio de la viabilidad técnico-económica del plan de riegos del Queiles. Primera etapa*. Dirección General de Obras Hidráulicas.
- SAENZ RIDRUEJO, C., y SANZ PÉREZ, E.: *Los manantiales de España* (para publicar en la Rev. de Obras Públicas).
- SAHUQUILLO HERRÁIZ, A. (1971): *Estudio hidrogeológico del Río de los Santos*. I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica, sección 3, tomo II, 1971, pp. 633-644.
- SAHUQUILLO HERRÁIZ, A., y OCTAVIO DE TOLEDO Y UBIETO, F. (1983): *Estudio de las posibilidades de regulación del manantial de Arteta (Navarra)*. III Simposio de Hidrogeología. Madrid, pp. 323-339.
- SAHUQUILLO HERRÁIZ, A. (1983): *Panorámica mundial. Tipología del uso conjunto*. Curso sobre «Utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas». Valencia-Castellón de la Plana. Serv. Geol. de O. P. Univ. Politéc. de Valencia, 19 pp.
- SAHUQUILLO HERRÁIZ, A. (1985): *Spanish experience in karst water resources*. International symposium in karst water resources 7-19 July 1985. Ankara. Antalga (Turkey).
- SÁNCHEZ GONZÁLEZ, A. (1983): *Regulación de manantiales kársticos. Aplicación a las Fuentes del rio Algar (Alicante)*. Boletín de Informaciones y Estudios del Serv. Geol. de O. P. núm. 43, pp. 59-67.
- SANZ PÉREZ, E. (1984): *El karst del sur y oeste del Moncayo*. Tesis Doctoral inédita. Univ. Compl. Madrid.
- SANZ PÉREZ, E., y MEDINA FERRER, J. (1984): *Contribución al catálogo espeleológico de la provincia de Soria: sifón y cueva de la Fuentona de Muriel*. C. E. S.-C. S. I. C. Revista Celtiberia núm. 68, pp. 301-308.
- SANZ PÉREZ, E. (1985): *Un modelo SIMERO de simulación de las escorrentías superficial y subterránea*. Boletín Geol. y Min., t. XCVI, nov-dic., pp. 54-74.
- SANZ PÉREZ, E. (1986): *Aplicación del modelo SIMERO al manantial de Vozmediano (Soria)*. Bol. Geol. y Min., t. XCVII, enero-febrero, pp. 42-64.
- SANZ PÉREZ, E. (1986): *Aplicación de la curva de caudales clasificados al manantial de Vozmediano (Soria)*. Jornadas sobre el karst en Euskadi, San Sebastián, pp. 81-89.
- SANZ PÉREZ, E., y MEDINA FERRER (1980): *La morfología kárstica subterránea del Pozo Azul (Burgos)*. Jornadas sobre el karst en Euskadi, San Sebastián, pp. 307-322.
- STEWART, J. W. (1975): *Hidrologic effects of pumping a deep limestone sink Wear Tampa, Florida, USA*. In karst Hydrogeology. UAH Press-Hunts wille.
- THEROND, R. (1972-73): *Recherche sur l'etanchèite des lacs de barrage en pays karstique*. These des Dr. Ingenieur, Université de Grenoble I, 444 pp. Eyrolles.

Recibido: Octubre 1987

# Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria)

Por L. GARCIA CACHO (1),  
F. ANGUITA (2), V. ARAÑA (1), F. BARBERI (3), J. DIEZ-GIL (1), R. ORTIZ (1) y A. SBRANA (3)

## RESUMEN

La Formación Roque Nublo (F. R. N.) es un conjunto de materiales en el que predominan coladas lávicas y piroclásticas de edad pliocena, emitidas en un episodio eruptivo corto pero de intensidad extrema, en la isla de Gran Canaria.

Con el presente estudio se abordan nuevos aspectos de la evolución de la F. R. N. al haberse identificado ignimbritas s.s. en la serie, y reconocido la existencia de una importante caldera de colapso en la etapa final de las emisiones, conectada con una actividad resurgente y con importantes deslizamientos gravitatorios, de más de una decena de kilómetros de desarrollo longitudinal.

Estas nuevas líneas de trabajo se enmarcan en el estudio detallado de uno de los más espectaculares episodios de volcanismo explosivo en el archipiélago canario.

## ABSTRACT

Roque Nublo Formation (R. N. F.) consists mainly of a stratified succession of alkalic flows and explosive breccia sheets intruded by phonolite plugs, emitted in minus than a million years in the Early Pliocene in Gran Canaria, Canary Islands.

New field and geochemical data enable a more precise reconstruction of the magmatic, eruptive and post-eruptive processes that shaped R. N. F.

The most significant new data are the identification of ignimbrite cooling units in the formation, the reconstruction of a huge caldera formed by terminal collapse of the Roque Nublo main emission center, and the signs of resurgent activity which could be causal of the radial gravity slides, affecting kilometer-sized sectors of the formation.

## INTRODUCCION

La F. R. N. es un conjunto de materiales volcánicos diversos, lavas y piroclastos emitidos en Gran Canaria durante el Plioceno Inferior, cuyo aspecto más llamativo y espectacular es la presencia de coladas piroclásticas peculiares que han venido siendo denominadas «aglomerados Roque Nublo» (fig. 1).

Estos «aglomerados» están representados por potentes mantos de hasta 100 m. de potencia unitaria en la parte central de la isla. Dichos mantos



Figura 1.—Detalle de un aglomerado típico.

(1) Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.

(2) Departamento Petrología y Geoquímica. Universidad Complutense. Madrid.

(3) Dipat. Scienze della Terra. Univ. Pisa. CNR. Italia.

están constituidos esencialmente por fragmentos líticos de tamaños submilimétricos a métricos y por otros pumíticos también muy heterométricos, estando unos y otros englobados en una matriz muy variable.

La F. R. N. ha sido objeto de diversos trabajos monográficos (por ejemplo, ANGUITA, 1973; BREY y SCHMINCKE, 1980); sin embargo, algunas de sus características, especialmente las que se refieren a los mecanismos de emisión y emplazamiento de los «aglomerados», no han sido suficientemente definidas. Dado el renovado interés por las formaciones volcánicas generadas en episodios de alta explosividad, se ha profundizado en el estudio de esta formación, obteniéndose nuevos datos que permiten establecer otras perspectivas en su estudio.

**MARCO GEOLOGICO**

Toda la F. R. N., que alcanza una potencia máxima de unos 700 m., incluye esencialmente tres

tipos de materiales. La base se caracteriza por la abundancia de coladas basáníticas y tefríticas con algunas intercalaciones de escorias y lahares. El techo de la formación presenta un predominio casi exclusivo de coladas piroclásticas de quimismo tefrítico a traquíptico y fonolítico, seguidos de lavas de igual composición y de episodios lahárlicos y sedimentarios. El tercer elemento litológico constitutivo es un conjunto de pitones de carácter fonolítico que perforan la mayoría de los mantos aglomeráticos.

Estos materiales se extienden de forma radial por toda la isla desde sus cumbres centrales, pudiendo consultarse su cartografía en FÚSTER et al. (1968). La figura 2 es un esquema cartográfico en el que se representa sólo una parte de las unidades de la F. R. N. estudiadas en el presente trabajo, en los sectores central y meridional de la isla; en estas áreas es donde aparecen con mayor nitidez los mejores afloramientos de la F. R. N. y donde su estudio se ve facilitado en parte por una fuerte erosión, ausencia de emisiones lávicas posteriores y menor desarrollo de vegetación y

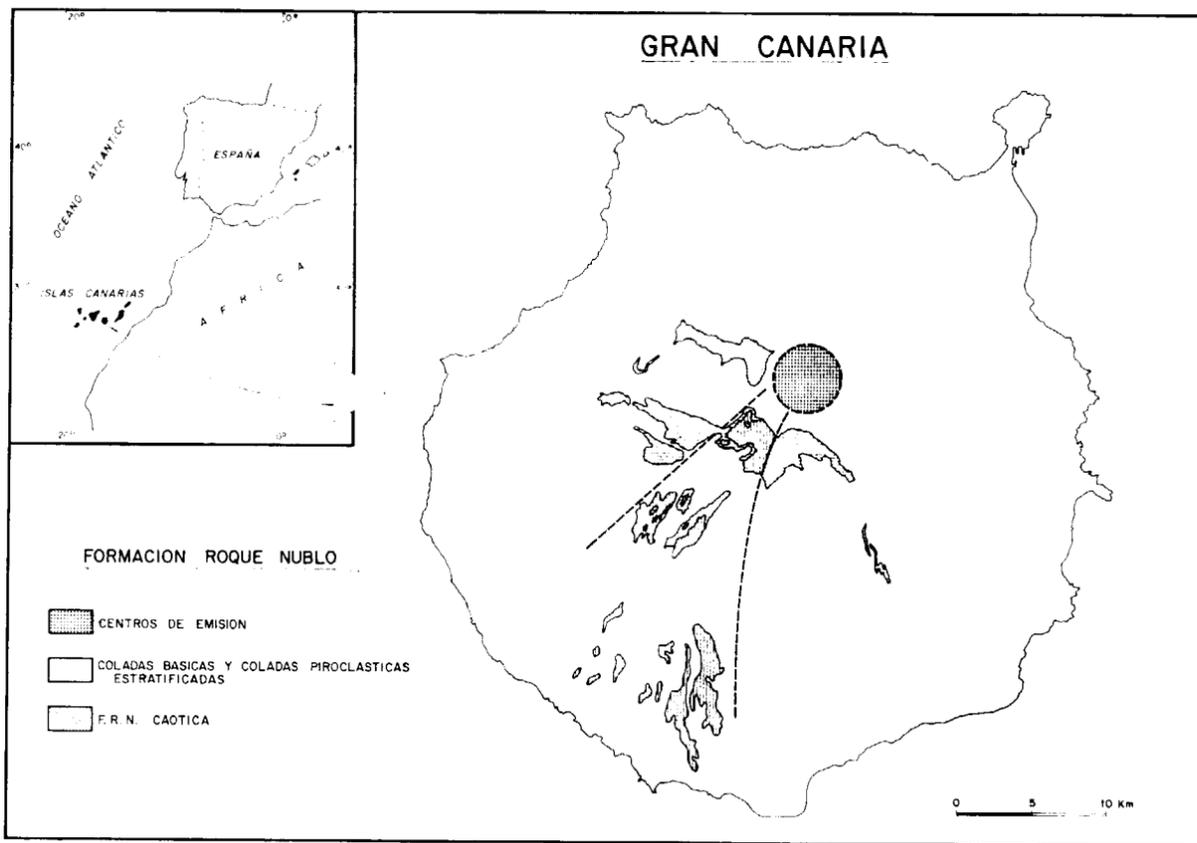


Figura 2.—Mapa esquemático de situación de las facies in situ y removilizadas del aglomerado.

cultivos, factores que inciden notablemente en el sector norte de la isla.

Desde el punto de vista estratigráfico, toda la F. R. N. se apoya sobre materiales de un ciclo magmático previo (un cone-sheet traqui-sienítico mioceno; ver HERNÁN, 1976) según una importante disconformidad labrada durante cuatro millones de años en los que no se registra actividad magmática en la isla. A su vez, la F. R. N. es parcialmente recubierta por basaltos alcalinos de un nuevo ciclo magmático desarrollado desde el Plioceno Superior hasta la actualidad.

Todas las dataciones realizadas, tanto radiométricas (ABDEL-MONEM et al., 1971; McDOUGALL y SCHMINCKE, 1977; FERAUD et al., 1985) como paleontológicas (ANGUITA y RAMÍREZ, 1974), confinan la emisión de toda la F. R. N. al Plioceno Inferior, probablemente en poco menos de un millón de años. El volumen total de materiales emitidos en este corto período asciende a varias decenas de kilómetros cúbicos (ANGUITA, 1973), lo que permite subrayar un alto rendimiento magmático después de cuatro millones de años sin actividad.

La F. R. N. parece abarcar un ciclo completo de diferenciación magmática que cubre sin discontinuidades el abanico geoquímico que va de basánitas a fonolitas y traquitas. Nuevos datos geoquímicos: 47 análisis de roca total (16 lavas, 3 facies intrusivas, 8 diques, 13 coladas piroclásticas, 2 ignimbritas, 5 pitones) y 5 vidrios, junto a otros análisis seleccionados de la bibliografía publicada, permiten de forma inmediata determinar la existencia de una segunda línea de evolución magmática que penetra claramente en el dominio de las traquitas (fig. 3). Estos datos, unidos a otros, todavía en elaboración, sobre quimismo mineralógico (más de un centenar de análisis químicos, cuya extensión y desarrollo escapan de las dimensiones del presente trabajo) nos van a permitir establecer un perfil geoquímico más preciso de la F. R. N.

**MECANISMOS ERUPTIVOS**

La potencia y gran desarrollo longitudinal de los mantos aglomeráticos de la F. R. N. son en sí mismos indicadores evidentes de un proceso volcánico violento de singular importancia. Sin embargo, en orden a concretar los principales me-

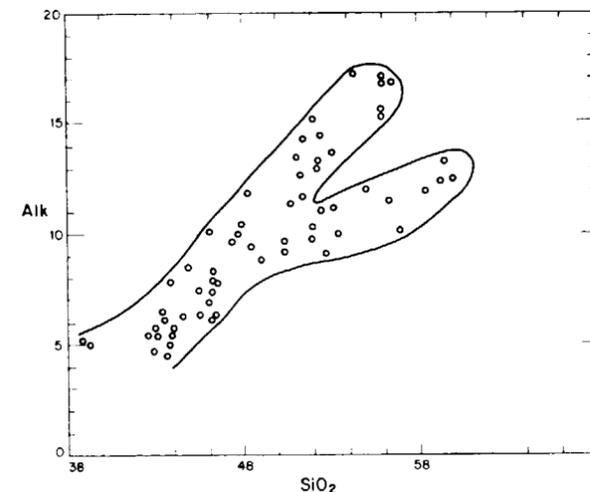


Figura 3.—Gráfico de evolución geoquímica general de la formación.

canismos que predominaron durante el mismo, son precisas las siguientes consideraciones:

Desde las coladas iniciales a los pitones, en toda la F. R. N. son relativamente frecuentes las evidencias de mezcla de magmas, que parece asociada en parte a una cierta alta explosividad de las emisiones.

Hay parámetros mineralógicos y geoquímicos indicativos de que la cámara magmática de la F. R. N. estuvo de forma casi continua a altas temperaturas y presión de volátiles (p. ej., el anfíbol kaersutítico es una constante en toda la serie). Por otro lado, se han identificado episodios ignimbriticos intercalados. Sin embargo, las emisiones masivas de las coladas piroclásticas que dan lugar a los grandes mantos debieron ser aún más violentas y complejas que las ignimbriticas en sentido estricto.

Un magma hidratado, con alta presión de volátiles, sería responsable de repetidos paroxismos eruptivos (posiblemente muchos de tipo freato-magmático, otro de colapso de domos, etc.) que producirían vaciados parciales de la cámara (más o menos rápidos, según el caso) y un importante arrastre de líticos, tanto magmáticos como de los conductos.

Los materiales que hoy constituyen la F. R. N. fueron encauzados por valles bien definidos topo-

gráficamente, interaccionando con el agua de la red freática (con generación de lahares) e incorporando niveles sedimentarios en el desbordamiento de la red de drenaje. Con todo, darían lugar a potentes mantos de una longitud superior a la decena de kilómetros. Los datos paleoclimáticos que retratan a Gran Canaria cubierta en el Plioceno por una selva subtropical encajan sin dificultad en esta interpretación.

En definitiva, la complejidad de los mecanismos que han determinado la emisión de las más espectaculares unidades de la F. R. N. es función del mayor o menor predominio de una serie de factores y matices (proporción, volumen y composición de líticos y magma juvenil, tipo de erupción, etc.). Para su estudio se han construido modelos que permiten el cálculo de sus caracteres reológicos y en suma un mejor conocimiento del proceso de emisión y emplazamiento.

#### CALDERA DE COLAPSO

La distribución radial de los mantos aglomeráticos por toda la isla, sus espesores máximos en las áreas centrales, y los buzamientos hacia la periferia, definen claramente un gran edificio central como principal centro o área de emisión. El núcleo de este edificio se localizaría en la zona denominada Llanos de la Pez y su desaparición puede explicarse por la formación de una gran caldera de colapso.

El retroceso erosivo de la cabecera de un barranco (culata del Barranco de Tejeda, La Culata) ha expuesto un nivel de materiales detríticos, depositados sobre el cone-sheet traqui-sienítico y directamente relacionados con los materiales de la F. R. N.; están cubiertos por los basaltos del ciclo magmático posterior, y son identificables como de facies lacustre proximal de alta energía. Su potencia (50-80 m.), desarrollo y situación stratigráfica respecto de la F. R. N. permiten concluir que representan los depósitos de relleno de una caldera de colapso originada en la fase terminal de la evolución del ciclo Roque Nublo.

Esta caldera pliocena, no bien definida en la topografía actual, pudo tener un diámetro de unos cinco kilómetros. Un cálculo basado en este dato, en la cota de los sedimentos y en los buzamientos

de los niveles centrales, permiten suponer que entre 6 y 12 km<sup>3</sup> de materiales fueron desalojados del edificio central del Roque Nublo en los procesos eruptivos que originaron dicha caldera.

#### MECANISMOS POSTERUPTIVOS

Los mantos aglomeráticos sufrieron poco después de su depósito o simultáneamente con él una rápida litificación diagenética, tras la cual algunos de ellos experimentaron espectaculares deslizamientos gravitacionales (de hasta 20 km. de longitud) y que se evidencian esencialmente en la existencia de una fuerte fracturación paralela y en cuchara en los mantos piroclásticos (fig. 4), estrías de fricción de dirección variable y el aspecto caótico general de las unidades desplazadas. Estos movimientos postemplazamiento han sido localizados claramente en un sector radial de unos 40°, centrado en el área de emisión y separado de los adyacentes por grandes fracturas radiales (fig. 2).

Los indicios de resurgencia y la fracturación radial encajan en una hipótesis de trabajo según la cual en la fase póstuma del Ciclo Roque Nublo se habría generado en la parte central de la isla un edificio volcánico seccionado por fracturas radiales y, a favor de cuyas pendientes, habrían resbalado gravitacionalmente algunas grandes

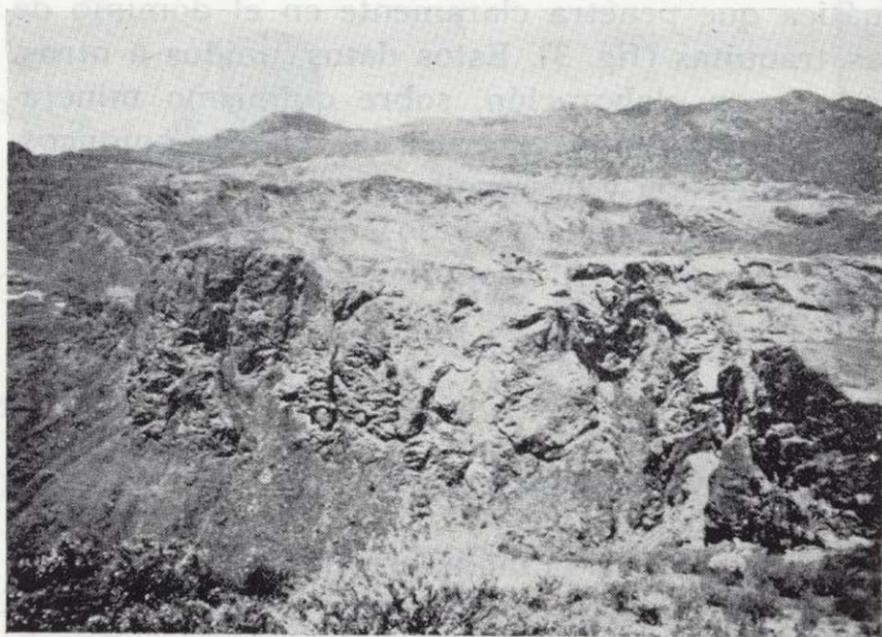


Figura 4.—Aglomerado caótico, mostrando superficies curvas de deslizamiento.

gráficamente, interaccionando con el agua de la red freática (con generación de lahares) e incorporando niveles sedimentarios en el desbordamiento de la red de drenaje. Con todo, darían lugar a potentes mantos de una longitud superior a la decena de kilómetros. Los datos paleoclimáticos que retratan a Gran Canaria cubierta en el Plioceno por una selva subtropical encajan sin dificultad en esta interpretación.

En definitiva, la complejidad de los mecanismos que han determinado la emisión de las más espectaculares unidades de la F. R. N. es función del mayor o menor predominio de una serie de factores y matices (proporción, volumen y composición de líticos y magma juvenil, tipo de erupción, etc.). Para su estudio se han construido modelos que permiten el cálculo de sus caracteres reológicos y en suma un mejor conocimiento del proceso de emisión y emplazamiento.

#### CALDERA DE COLAPSO

La distribución radial de los mantos aglomerados por toda la isla, sus espesores máximos en las áreas centrales, y los buzamientos hacia la periferia, definen claramente un gran edificio central como principal centro o área de emisión. El núcleo de este edificio se localizaría en la zona denominada Llanos de la Pez y su desaparición puede explicarse por la formación de una gran caldera de colapso.

El retroceso erosivo de la cabecera de un barranco (culata del Barranco de Tejada, La Culata) ha expuesto un nivel de materiales detríticos, depositados sobre el cone-sheet traqui-sienítico y directamente relacionados con los materiales de la F. R. N.; están cubiertos por los basaltos del ciclo magmático posterior, y son identificables como de facies lacustre proximal de alta energía. Su potencia (50-80 m.), desarrollo y situación estratigráfica respecto de la F. R. N. permiten concluir que representan los depósitos de relleno de una caldera de colapso originada en la fase terminal de la evolución del ciclo Roque Nublo.

Esta caldera pliocena, no bien definida en la topografía actual, pudo tener un diámetro de unos cinco kilómetros. Un cálculo basado en este dato, en la cota de los sedimentos y en los buzamientos

de los niveles centrales, permiten suponer que entre 6 y 12 km<sup>3</sup> de materiales fueron desalojados del edificio central del Roque Nublo en los procesos eruptivos que originaron dicha caldera.

#### MECANISMOS POSTERUPTIVOS

Los mantos aglomerados sufrieron poco después de su depósito o simultáneamente con él una rápida litificación diagenética, tras la cual algunos de ellos experimentaron espectaculares deslizamientos gravitacionales (de hasta 20 km. de longitud) y que se evidencian esencialmente en la existencia de una fuerte fracturación paralela y en cuchara en los mantos piroclásticos (fig. 4), estrias de fricción de dirección variable y el aspecto caótico general de las unidades desplazadas. Estos movimientos postemplazamiento han sido localizados claramente en un sector radial de unos 40°, centrado en el área de emisión y separado de los adyacentes por grandes fracturas radiales (fig. 2).

Los indicios de resurgencia y la fracturación radial encajan en una hipótesis de trabajo según la cual en la fase póstuma del Ciclo Roque Nublo se habría generado en la parte central de la isla un edificio volcánico seccionado por fracturas radiales y, a favor de cuyas pendientes, habrían resbalado gravitacionalmente algunas grandes

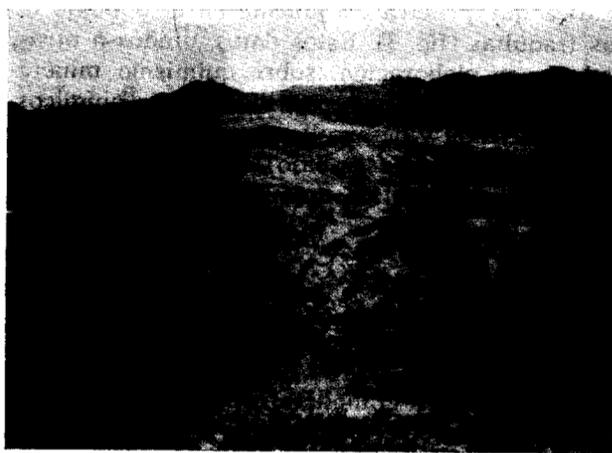


Figura 4.—Aglomerado caótico, mostrando superficies curvas de deslizamiento.

unidades, adquiriendo en este movimiento final una fábrica tectónica (estrias, planos de fracturación, brechificación caótica, etc.), ausentes en el aglomerado que permanece in situ.

Un modelo desarrollado en esta fase previa del trabajo pone de manifiesto que en todo caso la inestabilidad inherente al depósito de este tipo de emisiones volcánicas sería suficiente por sí sola para justificar los deslizamientos gravitacionales posteruptivos, incluso de la magnitud de los considerados.

#### CONCLUSIONES

Aunque en este trabajo sólo se propone el planteamiento de una nueva perspectiva sobre la F. R. N., se pueden adelantar algunas conclusiones basadas en los nuevos datos obtenidos y en una actualizada revisión de otros caracteres de campo y laboratorio. Tales son:

- El núcleo central del edificio de la F. R. N. fue destruido y dio origen a una gran caldera de colapso que sería el segundo episodio de esta naturaleza y de gran envergadura registrado en la isla de Gran Canaria.
- Se han caracterizado como coladas piroclásticas gran parte de los mantos aglomerados.
- Se han perfilado excepcionales fenómenos de deslizamiento gravitatorio posteruptivos que permiten establecer dos facies cartográficas características en los mantos aglomerados: caótica y estratificada.
- Se ha identificado un importante episodio ignimbrítico en el techo de la serie.
- Se ha delimitado una clara bifurcación de dos líneas evolutivas en el desarrollo del ciclo de la F. R. N.

Actualmente están en proceso de elaboración, por un grupo en el que intervienen investigadores del CSIC, del CNR y de la UCM, una serie de trabajos de carácter petrológico, sedimentológico, neotectónico, etc., que permitirán alcanzar una mayor precisión en los diversos temas aquí planteados.

Todos ellos se enmarcan dentro del Proyecto I. D. 449, CSIC-CAICYT.

#### BIBLIOGRAFIA

- ABDEL MONEM, A.; WATKINS, M. D., y GAST, P. W. (1971): *Potassium-argon, volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of the Canary Islands: Lanzarote, Fuerteventura, Gran Canaria and La Gomera*. Am. J. Sci., 271: 490-521.
- ANGUITA, F. (1973): *Genesis of Roque Nublo Formation: a special kind of ignimbric eruptions in Gran Canaria*. Bull. Volc., 37:111-121.
- ANGUITA, F., y RAMÍREZ, J. (1974): *La datación micropaleontológica de la Terraza de Las Palmas*. Estudios Geol., 30:185-188.
- BREY, G., y SCHMINCKE, H. U. (1980): *Origin and diagenesis of the Roque Nublo Breccia, Gran Canaria (Canary Islands)*. Petrology of Roque Nublo volcanics, II. Bull. Volc., 43:15-33.
- FERAUD, G.; GIANNERINI, G.; CAMPREDON, R., y STILLMAN, C. J. (1985): *Geochronology of some Canarian dike swarms: Contribution to the volcano-tectonic evolution of the archipiélago*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 25:29-52.
- FÚSTER, J. M.; HERNÁNDEZ PACHECO, A.; MUÑOZ, M.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E., y GARCÍA CACHO, L. (1968): *Geología y volcanología de las Islas Canarias. Gran Canaria*. Instituto «Lucas Mallada». CSIC. Madrid, 244 pp.
- HERNÁN, F. (1976): *Estudio petrológico y estructural del complejo traqui-sienítico de Gran Canaria*. Estudios Geol., 32:279-324.
- MCDUGALL, J., y SCHMINCKE, H. U. (1977): *Geochronology of Gran Canaria*. Bull. Volc., 40:57-77.

Recibido: Octubre 1987.

# INFORMACION

## Mineros destacados del Siglo XVIII

Francisco de Angulo (17...-1815)

Primera Dirección General de Minas (1788-1815)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA

### 1. PRESENTACION

Varias veces hemos considerado la frase (1 de julio de 1877) de Eugenio Maffei y Ramos (1827-1892), en la presentación de su obra, titulada «Centenario de la Escuela de Minas 1777-1787», refiriéndose a Angulo, «Ignoramos muchas circunstancias de la vida de este distinguido ingeniero, acreedor de una biografía completa, que recordase sus merecimientos y sus servicios a la industria minera». Hemos intentado localizar datos para prepararla con reducido resultado, dado que el elevado número de documentos interesantes encontrados por Maffei en el Archivo de Alcalá, y no examinados por falta de tiempo, desaparecieron con ocasión del incendio del archivo, durante el verano de 1939.

Damos por terminadas las biografías de los mineros destacados nacidos durante el siglo XVIII, y por eso presentamos hoy la del primer director general de minas de la metrópoli y el ambiente minero contemporáneo. En notas sucesivas informaremos sobre la segunda dirección general (1825-1849) y sobre la tercera (1928-1936).

Durante la vida de Angulo estuvieron vigentes las «Ordenanzas del Nuevo Cuaderno», promulgadas por Felipe II (1556-1598) en San Lorenzo (22 de agosto de 1584), y derogadas por iniciativa de Fausto Fermín de Elhuyar y de Súbice (1755-1833), con el R. D. sobre ordenación de la minería, dado en Madrid (4 de julio de 1825), por S. M. Fernando VII (1813-1833), con la correspondiente actualización del criterio sobre propiedad minera.

Para centrar el tema, reproducimos la definición de minería, dada por Elhuyar. «El aprovechamiento de las producciones inorgánicas, que presenta la naturaleza, en la superficie y entrañas de nuestro globo.»

### 2. ANTECEDENTES DE LOS SIGLOS XVI Y XVII

Durante el siglo XVI, se daba, tanto en ultramar como en la metrópoli, un trato preferencial a la industria minera. Confirmación de este interés, son las Reales Ordenanzas (22 de agosto de 1584), sancionadas en San Lorenzo por Felipe II, donde se establecieron acertadas normas, para el cultivo de las minas, mantenidas en vigor, salvo algunas incidencias, como la Real Cédula (5 de agosto de 1607) dada en Madrid por su hijo Felipe III (1598-1621) que las derogaba, hasta la ordenación minera promulgada (1825) por Fernando VII, salvo las cinco disposiciones para el carbón de piedra (1780 a 1793).

La disposición real fue consecuencia del abandono en que estaba en España, desde hacía varias décadas, el laborio de las minas y el beneficio de sus frutos, sin interesarse por los conocimientos en que se apoyaban ambas ramas, limitándose prácticamente el laboreo a unas cuantas minas pertenecientes al Estado. El deseo de los monarcas, de incrementar la actividad en el campo de la minería, tenía por objetivo el aumento de la recaudación, por percepción de regalías, para aliviar la escasez de fondos del Real Erario.

La iniciación de la minería, se debe al empeño del hombre en apoderarse de las substancias del reino mineral, solicitándolas hasta en las entrañas de la tierra, transmutándolas y configurándolas, conforme lo exigían sus aplicaciones. Labró desde las piedras, rocas y tierras más toscas, hasta los materiales más exquisitos y raros, para lograr la mejoría en su comodidad, recreo y ostentación. Obtuvo mayor consistencia, seguridad y desahogo en sus moradas y monumentos, y produjo utensilios más útiles y cómodos para su economía doméstica. Basándose en los

adelantos de las diferentes ramas de las ciencias físicas, facilitó y multiplicó las fábricas, manufacturas y otras clases de industrias, con gran variedad de artefactos, que le han proporcionado una mejora prodigiosa de los medios de subsistencia y la rápida propagación de la especie. Con el incremento de los adelantos, fueron solicitados los materiales de las escondidas entrañas de la tierra, paralelamente al conocimiento de sus ventajas y aplicaciones. La labor ejecutada durante los siglos pasados, lo fue en la sombra y tenebrosidad subterránea, con estrechez e incomodidades, en cavidades de corta amplitud, con bastante penosidad. Las minas contribuyeron al engrandecimiento y poderío de las naciones, promovieron poblaciones numerosas, vivificaron los parajes y su utilización los puso al nivel de los más feraces. La multitud de faenas, maniobras y operaciones, proporcionó ocupación, variada, amplia y perenne a chicos y grandes, y subsistencia a infinidad de gentes en la agricultura, industria y servicios. El considerable aumento de las dificultades, con el incremento de la profundidad, acrecentó los puestos de trabajo. En la península tenemos muchos ejemplos de estos casos como las de mercurio de Almadén, cobre de Riotinto, plomo de Linares y Alpujarras, hierro de Vizcaya y Cataluña, cinc de Alcaraz, sal gema de Cardona y Minglanilla, azufre de Hellín y Benamaurel, grafito o lápiz de plomo de Marbella, carbón de Villanueva de las Minas y Asturias.

Para el Estado, las minas siempre fueron productivas, aunque ofreciesen pérdidas a sus empresarios, proporcionando ocupación a pueblos enteros, de noche y de día, e incluso como decía Elhuyar, «con remudación de los pueblos (\*) de las minas, cada seis horas y a veces cada cuatro».

Establecido por las ordenanzas el dominio radical, primordial y preferente, de toda clase de criaderos minerales, a favor y con exclusividad de la Corona y Patrimonio Real, queda reconocido el derecho de cada vasallo, para la dirección, economía y gobierno de las minas. Se aprecia el apoyo de la Corona en facilitar su labrado, para el crecimiento de la Real Hacienda y felicidad del comercio y Estado. Esta idea ponderaba la necesidad de un Cuerpo de Minería, integrado por prácticos y peritos examinados.

Mandado por la Corona, se labren y beneficien las minas, ante la imposibilidad de hacerlo en todas por su cuenta, ceden parte a los vasallos con varios gravámenes y restricciones, debiendo abonar las regalías correspondientes, con criterio de moderación en las imposiciones. Entre las restricciones figuraban no llevar forzados a las minas y el abono de lo que justamente corresponde al trabajo efectuado. Considerada en general la labranza de las minas, por haber dedicado a ella esclavos, gente forzada y delincuentes de grandes crímenes, como una operación de castigo, era difícil encontrar quienes la efectuaran, y en muchas ocasiones había comentarios, sobre la gran dificultad de hacerles trabajar a los operarios. Era necesario para contrarrestar estos vilipendios, horror y aversión a tal ejercicio, la concesión de privilegios a los mineros.

(\*) «Conjunto de operarios que concurren al laboreo de una mina.»

Entre los valiosísimos privilegios concedidos por los monarcas a los mineros, desaparecidos por la evolución de la sociedad, figuran: Tomar agua donde más conviniese a los mineros, para lavado de las minas y demás necesidades; hacer ingenios, edificios y chozas para el beneficio y sustento de las minas; aprovechamiento de todos los montes y términos comunes, concejiles y valdíos; cortar madera, con el menor daño, en montes y dehesas; traer a las dehesas, prados y egidos, los bueyes y bestias suyas y de sus criados, necesarios para ingenios, acarreos, recuas, silla y carreta; hacer en cualquier sitio asientos, casas, ingenios, hornos, buitrones, fuslines y todas las demás cosas para labor, beneficio, fundición y afino; llevar mantenimientos, bastimientos, y otras cosas para provisión y sustento de los que tubieran que trabajar, con paso libre por ciudades, villas y lugares de reinos y de señorío; liberación donde residían de huéspedes, vagages, repartimiento de camas de ropa, bestias de guía y carretas a los beneficiadores, administradores, ensayadores, fundidores, afinadores, contadores y pagadores; tener armas en todo tiempo día y noche, ofensivas y defensivas, no siendo de las prohibidas; prestar la mayor atención a los mineros en recompensa de sus fatigas, por su utilidad e importancia a la Corona y mayores aumentos de la Real Hacienda. Estos privilegios, en aquella época, fueron considerados como extraordinarios. Como dato confirmativo, podemos considerar que más del 90 por 100 de los litigios de señorío de los siglos XVI, XVII y XVIII lo fueron sobre asuntos de preeminencias, ocupación de terrenos, pasos, aguas, hierbas y leñas.

Unas veces por envidia y otras con fundamento, los mineros eran objeto de comentarios. Tema general, era el deseo de que volvieran de su letargo, de sus desperdicios, lujos y gastos, a una moderada frugalidad y economía, que causaran envidia y admiración y pudiesen emprender mayores arbitrios. El mal criticado, estaba considerado como capital y envejecido. En la crítica de su prodigalidad en gastos, lujos y superfluidades, figura hacer gala de vestirse de fino lienzo blanco de cambray para trabajar en el taco y a golpe de martillo. Producía disgusto el gasto inmoderado en dádivas, dejando perdido al acreedor, por ello, los aviadores a quienes con sus suministros enriquecían, llenos de desconfianza, dejaban de proporcionarles el avío, abandonándolos en la borrasca, siendo perpetuos censores de su vida y correspondencia. Debemos destacar ante este comportamiento la existencia de una minoría, señalada como de insignes benefactores de pueblos, de padres de los pobres y promotores del culto Divino.

Como contrapartida de los privilegios reales, sabía el cuerpo de mineros la imposibilidad de actuar en sus negocios sin extravío y sin hurto, hasta el límite, en evitación de perjuicios mayores, de ordenar a los mandones o capataces no se extralimitasen en el cumplimiento de su misión, para evitar quedarse sin peones de minas. Este aspecto, fue tolerado a mediados de este siglo XX, durante la segunda guerra mundial, por los propietarios de minas de volframio, a quienes les resultaba más rentable, que la explotación directa de las minas, adquirir a los rapaceros el mineral que les habían robado.

La falta de personal formado era una de las causas del

abandono o fracaso de muchas minas. Una de las más preocupantes era la carencia de geómetras, de personas que supiesen estacar en el exterior y en el interior, y su correlación. Destaca Francisco Guzmán de Lara y Luzón, en su «Geometría práctica» ¿1702?, refiriéndose a los geómetras decía «los daños que de su ignorancia resultan». Este valioso manuscrito, perteneciente a la Biblioteca Nacional, está considerado en la «Bibliografía» de Maffei y de Rua Figueroa como el primer cuerpo de doctrina, en castellano, sobre el tema. Era motivo de crítica generalizada, el que los peritos en el arte y los mineros de profesión, no se sujetaran a riguroso examen, desconocían el uso del «aguajón», causando el malogro de crecidos cuadales, viviendo sólo de sus derechos. Lo justo sería conociesen todas las operaciones de tan noble e importante arte, debiendo exigirles también el conocimiento de vetas y metales, velar por la seguridad de las minas, cobrar tiros, sacar aguas, beneficiar metales, aumentar los caudales de las minas, en una palabra, tener la formación propia de una escuela práctica de minería. Como decía el mejicano Francisco Javier de Gamboa (1771), los geómetras deben saber manejar con utilidad y provecho los instrumentos de la época, que eran: cadena mensoria; barrera; medidor; demostrador de los ángulos; nivel; semicírculo; compás de pendientes; compás tendido; círculo horario; instrumentos de delinear.

Motivo de gran responsabilidad, era la designación de visitadores, principalmente cuando recaía en personas no experimentadas, por sus efectos en las labores y beneficios. De su competencia era el evitar derrumbamientos, muertes e inundaciones, función no cumplida, unas veces por su desconocimiento del arte minero, y otras por condescendencia con los mineros, con negligencia de lo que debían celar. Una de las faltas más frecuentes de los mineros en las explotaciones, era la insuficiencia de los pilares de sustentación, causantes en muchos casos de pérdidas de material e incluso muertes. Muchas veces, por falta de honor, de los sujetos empleados en el servicio de las minas, se empobrecían los mineros, enriqueciéndose otras personas.

El abandono de las minas, por mala disposición y codicia de los mineros, obligaron a establecer prescripciones y reglas, que sujetasen las concesiones y celasen su observancia, con visitas frecuentes, así como el asentimiento de las disposiciones de los trabajos por la autoridad competente. Debería esta autoridad, conocer el laboreo de las minas, en sus diferentes dependencias, la maquinaria de las minas, los ensayos de los minerales y los diversos métodos de su beneficio, considerado todo esto, reducido a aplicaciones de matemáticas, física, química, oritognosia y geognosia, formación fundamental para las personas encargadas de la inspección y vigilancia, la cual evitará el desorden producido por la gente de cortas facultades que trabajan en las minas. Los operarios deben ser prácticos en el ejercicio, aptos para observar las reglas de seguridad y cumplir lo ordenado en las visitas hechas por los encargados del Gobierno, éstos dando consejos y persuasiones, ilustrándolos sobre su verdadero interés. Las visitas también deben afectar a los talleres de beneficio, para corregir las deficiencias.

El Teniente General de la Real Armada e ilustre minero Antonio de Ulloa y de la Torre y Giral (1716-1795),

descubridor del platino (1748) y Gobernador del Real de Minas de Guancavelica (1757-1765), fue una de las personas más interesadas en poner fin a esta situación, logró llevar al ánimo de S. M. Fernando VI la necesidad de actualizar los servicios de minas y promocionar su enseñanza en una Real Academia donde se profesaran disciplinas basadas en los principios de las ciencias naturales, estableciendo para ello los primeros contactos en Francia con el irlandés, fallecido en Madrid, Guillermo Bowles (1714-1780). Consecuencia de estos contactos, fue el contrato establecido con Henning Carl Koehler (17...-1757), estipulando por R. O. (22 de diciembre de 1755) las bases (6 de julio de 1756), donde figura en su artículo 5.º su nombramiento como Director de Almadén, la obligación de la enseñanza de la minería y en el 6.º de la metalurgia. Desgraciadamente, falleció el 8 de julio del año siguiente. Esta enseñanza quedó interrumpida hasta el nombramiento de Henrique Christobal Storr (17...-1804), R. O. (14 de julio de 1777) como director de Almadén con la obligación de enseñar a los cadetes de estos reynos y de América, la geometría subterránea y la mineralogía, punto de partida de la Escuela especial de Ingenieros de Minas de Madrid y del Cuerpo nacional de Ingenieros de Minas.

### 3. LOS ADMINISTRADORES GENERALES (1584-1618)

Con el deseo de que el cuidado de las minas, se desempeñe atendiendo a su fomento y la propagación de su cultivo, con los medios que las circunstancias de cada distrito y de cada empresa permitieren, e instruyéndose el Gobierno de su verdadero estado, progreso y exigencias, para sostenerlas y sacar de este ramo todo el partido posible, en beneficio del Estado y del Real Erario, se crea el correspondiente servicio, por el artículo LXXVII del Nuevo Cuaderno (1584), situando al frente a un Administrador General, precursor de los actuales Directores Generales de Minas, con atribuciones más amplias, ayudado por administradores de partido, equivalentes a los posteriores jefes de distritos mineros, e inhibición en los asuntos mineros de cualquier otra autoridad, debiendo ser el Administrador General y los de partido, personas prácticas y expertas en temas mineros.

En la disposición aludida se dice, que una de las cosas que impiden el buen orden y beneficio de las minas, son los «Pleytos» y debates que en ellas y entre la gente que en ellas anda y trabaja se ofrece. Gastan y consumen sus haciendas imposibilitando el descubrimiento y beneficio de las minas, con notable daño y perjuicio de los Reyes. Dispone para evitar sean tratados los litigios por Justicia, carente de práctica y experiencia de Minas, pasar su competencia al Administrador General, con facultades para conocer en primera instancia todos los Pleytos, Causas y negocios Civiles y Criminales. Esta potestad queda atribuida a los Administradores de Partido. La intención es que, en los dichos Pleytos, no se impida, ni embarace la labor y beneficio de las minas. También se dispone que todos los nombramientos relacionados con la administración de minas, lo sean por el Real Consejo de Hacienda.

El personal directivo de las minas, en la época de creación del puesto de Administrador General, estaba integrado por: administradores, ensayadores, fundidores, afinadores, contadores y pagadores.

El deseo del Rey era que todos los cargos, empezando por el Administrador General, estuviesen desempeñados por facultativos científicos, con exclusividad de cualquier otra actuación.

Transcurrido un decenio, el Rey Felipe II recuerda (31 de diciembre de 1594) que hasta la fecha no se ha nombrado Administrador General de Minas del Reyno, ni los particulares de los partidos, dispuestos en la Nueva Ordenanza (1584). Ordena se nombre persona práctica con experiencia en la labor y ministerio de las dichas Minas y Mineros por Administrador General de ellas; confiando en Carlos Xedler, «por el tiempo que mi voluntad fuere». En el nombramiento se le da la facultad, para toda actividad relacionada con las minas, «dando aviso en el mi Consejo de Hacienda, de lo que se hiciere y os pareciere conveniente». También le da facultad de proveer los administradores particulares para los partidos, y escribanos, y alguaciles, ejecutores con vara de justicia, ensayadores, fundidores y otros oficiales. El título del cargo le fue entregado a Xedler (5 de enero de 1595).

Afortunadamente en el Archivo de Simancas se conservan muchos documentos relacionados con los hermanos Xedler, que nos permiten informar sobre sus antecedentes y actividades.

Los hermanos Juan y Carlos Xedler, de origen alemán, vinieron jóvenes a España (1543) al servicio de los Condes Fucares, llegados a España en 1524. Retiráronse a Almagro, estipulando Juan, desde 1553, el beneficio, labor y aprovechamiento de todos los mineros situados en los lugares, tierras y provincias de Santiago, Calatrava y Alcántara, con varios privilegios y exenciones. Fue renovado en 1572 hasta 1582, por los Fucares, el contrato de la explotación de Almadén, por la cantidad de 98 cuartos de maravedíes. Fue aprobado por Marcos Fúcar (Almadén, 10 de septiembre de 1582) el asiento tomado por S. M. con Juan Xedler (y también Carlos), sobre el aprovechamiento y explotación del pozo de azogue de Almadén por once años.

Conocida la gran actividad y eficacia de Carlos, solicita (26 de mayo de 1595) del Rey la designación de colaboradores, para el mejor servicio de la administración del ramo de minas. También solicitó licencia para efectuar la visita e inspección general de minas. En el mismo año informa de las necesidades del fomento de las minas.

Con fecha 9 de octubre de 1595, se comunica de Madrid a Almadén la autorización a Carlos Xedler para efectuar la visita de inspección general de minas y ordenando el pago de su salario en el pozo de Almadén. Esta visita fue continuada por las actuales provincias de Cáceres, Albacete, Murcia, Sevilla, etc. Cuando a finales de 1596 estaba en visita oficial le sorprendió el fallecimiento.

A fines del siglo XVII residía en Cáceres un artífice platero, denominado Diego de Pedraza, quien al parecer descubrió en 1594 una mina de oro en Alburquerque. El Rey Felipe II encargó al Corregidor de Cáceres le infor-

me de lo ocurrido con el descubrimiento de esta mina, de la que el mismo Rey había ordenado se permitiese a Simón S. Duranlabar su beneficio, por tiempo de treinta días, pasado los cuales debía enviar información. Al año siguiente, 1595, escribe Juan de Ravanete, ensayador de metales, a los hermanos Xedler, dándoles parte del procedimiento de la Justicia de Cáceres contra el platero Diego de Pedraza. También recibe Xedler carta del propio Diego de Pedraza, informándole de los varios procedimientos seguidos contra él, por el corregidor de Cáceres. Ordena Felipe II al corregidor de Cáceres, cumpla lo prevenido por Carlos Xedler en cuanto al beneficio de la mina descubierta en término de Alburquerque. Previamente había informado (14 de mayo de 1595) el Administrador General de Minas a S. M. del procedimiento del corregidor de Cáceres contra Diego de Pedraza y de varias providencias que creía útiles para el mejor aumento del ramo de la minería. También comunicó Xedler (13 de junio de 1595) al contador mayor, activando el recibo de una provisión para el corregidor de Cáceres y dando cuenta de haber visitado y reconocido varias minas. Por este expediente de Alburquerque se puede apreciar la actividad de Xedler y su insistencia hasta su óbito.

Su hermano Juan Xedler siguió trabajando en España, como se comprueba en el documento (14 de junio de 1604) remitido a Almadén, por el que se prorroga el contrato hecho con S. M., en nombre de Marcos Fúcar, sobre el beneficio, labor y administración de las minas de azogue de Almadén por diez años.

También sobrevivió a Carlos el platero Diego de Pedraza, vecino de Cáceres, quien dio noticia (12 de mayo de 1605) al gobernador del hallazgo de algunos granos y barras de oro en el contorno de 12 leguas de Cáceres, éstas eran: tres barras que pesaron 3.000 rs., un grano de 800 rs. en Mirabel, otro de 600 en la Cerradilla de Plasencia y otro de 2.000 rs. en Alburquerque.

Al activo y bien preparado Administrador General Carlos Xedler, sucedió en el cargo un hombre considerado como muy práctico y entendido en temas mineros, Gerónimo de Ayanza, Comendador de Ballesteros de la Orden de Calatrava y Gobernador de Martos, designado por Felipe II (8 de junio de 1597). Era hombre inteligente y activo, autor de varios inventos como balanza de ensayos, dinamómetro, recintos fumívoros, escafandras, etc. De este último hizo una exhibición ante S. M.

Durante su mandato, se dispuso por R. O. (20 de febrero de 1606) que los asuntos de minas se remitiesen a la Junta de Minas, y no se tratasen estos temas en el Real Consejo de Hacienda.

Fallecido Ayanza, en Madrid (5 de agosto de 1607), signa Felipe III la Real Cédula por la que se derogaron las Ordenanzas de Minas de su padre, Felipe II, de 18 de agosto de 1584.

El tercer y último Administrador General fue designado por Felipe III (28 de enero de 1608), se trata de Juan López de Ugarte, del que se tiene una información muy reducida en los archivos catalogados, pero esperamos que cuando esté bien catalogado el de Almadén, depositado en el Archivo Histórico Nacional, Sección Hacienda, aparezcan documentos interesantes de estos admi-

nistradores, y de sus sucesores en actividades mineras. López de Ugarte escribió, por encargo de Felipe III, varios trabajos sobre minas de España, entre ellos uno fechado en Villa-Gutiérrez (28 de junio de 1608) sobre las minas de la Dehesa de esta Villa, y otro de 20 de octubre de 1609, cumpliendo el mandato dado en Segovia por R. C. (22 de agosto de 1609) sobre la producción de azogue de las minas de Almadén.

En carta del Rey desde Madrid (4 de octubre de 1611), se ordena al Alcalde Mayor de Toledo, no ponga inconveniente en la labor de las minas de aquella ciudad, a las personas designadas por el Administrador General de Minas Juan López de Ugarte.

Todavía, en 28 de julio de 1618, continuaba el mismo Administrador General, según Cédula de esa fecha de San Lorenzo, para que Luis Marín, Administrador de las minas de Linares, entregue a Juan López de Ugarte lo que le resta del salario del fundidor y maestro de ingeniero alemán Mateo Ajacer.

Estos administradores generales, en algunos momentos, pudieron ser dependientes de una Junta de Minas, debido a una R. C. (20 de febrero de 1606) de Felipe III, dada en Madrid, donde dispone que los asuntos de minas se remitan a la Junta de Minas, y no se trate de esta materia en el Consejo de Hacienda, ni en el de la Contaduría.

#### 4. LA JUNTA DE MINAS (1624-1747)

Desde el cese como Administrador General de Juan López de Ugarte no tenemos noticias de otros administradores generales, cuya función fue sustituida, posiblemente por la Junta de Minas, creada (Madrid, 15 de mayo de 1624) por Felipe IV (1621-1665).

La creación de la Junta de Minas, fue dictada con la idea de incrementar el fruto que podría sacarse de las minas, escoriales y desmontes. Después de nombrar los integrantes iniciales: Conde de Olivares; Marqués de Alanquer; los licenciados Baltasar Gilimón de la Mota, Gregorio López Madera, Juan de Gamboa y Hernando de Salazar, carentes los seis de antecedentes mineros, establece las atribuciones de la Junta. «Doy poder, comisión y facultad, para que trate, vea y conozca, disponga, ordene, execute todo lo que tocara al beneficio, labor y administración de cualquier Minas, Escoriales, Desmontes, Echaderos de dichos mis Reynos, para que vea y considere las dichas leyes y ordenanzas, y lo que se ha declarado que me pertenezca, y se me deba pagar de los derechos de las Minas.» También le da potestad de «nombrar Ministros y Administradores de dichas Minas y escoriales... y hacer todo lo demás que en gobierno, en buena Administración, y en Justicia se ofrezca y pueda convenir en la materia». Insiste en la conveniencia de estar todo en una mano, para tener la mayor experiencia de minas, y prestar más atención a su aprovechamiento y gozo de sus utilidades. También atribuye la resolución de las apelaciones a sus decisiones y determinación de lo que se hallare por Justicia. Trata de la buena administración y

cobro de lo que rentare el beneficio de las minas. Da a la Junta, en lo tocante a Minas, la más amplia, extendida y particular comisión que hubiera menester y para ello la otorga con todas sus incidencias y dependencias sin limitación alguna, así como a la substanciación de los Pleytos en materia de Minas.

La actividad de la Junta afectaba a las tres Coronas de Castilla, Aragón y Portugal, y de lo adyacente a ellas.

La Junta tenía facultades para designar asesores, y pronto recurrió a un septuagenario, con gran experiencia minera adquirida en América, Juan de Oñate, Adelantado del Nuevo Méjico, y ahora designado visitador general de las minas de España, otorgándole derechos y preeminencias (Madrid, R. O. de 21 de mayo de 1625). A su paso por Córdoba, antes de incorporarse a la Junta, encomendó a Alonso Carrillo de Laso (1582-1626) el «Tratado curioso, Descripción breve de las antiguas minas de España», impreso en 1624, con 54 páginas. Laso era Caballero del hábito de Santiago y Caballerizo de Córdoba.

La Junta tuvo su sede en Madrid, celebrando las sesiones en la sala del Consejo de Hacienda. Algunas veces tenían lugar en otras localidades, como la celebrada en Monzón (R. D. de 25 de febrero de 1626), con celebración simultánea en Madrid (R. O. de 20 de marzo de 1926).

La labor de la Junta encontró múltiples dificultades, la principal fue el Consejo de Hacienda, por el carácter autonómico de aquella y el interés de algunos sectores para integrarla a la Junta de Comercio y Moneda. Últimó por R. D. de Fernando VI (Buen Retiro, 3 de abril de 1747) en la Junta de Comercio, Moneda y Minas. Este organismo superior, designó Intendentes de Provincia, como delegados de la Junta, con la consigna de cuidar la correspondiente regularidad del laborío, para aprovechar completamente sus frutos, y asegurar su mejor duración posible.

Estos delegados corrían con las diligencias de registros y demarcaciones de minas, sin los conocimientos necesarios, inscribiendo en un libro los asientos correspondientes, con indicación siempre del punto de partida, aconsejando, para más facilidad y seguridad fuese la boca de la mina o la cata principal.

Por haberse olvidado con el tiempo, incluso por los profesionales de la minería, la diferencia entre registro y denuncia, reproducimos ambas acepciones del siglo XVII: REGISTRO. Solicitud de concesión de mina sobre criaderos no laborados en los parajes en que se intenta emprender su disfrute. DENUNCIO. Solicitud sobre mina ya trabajada, que por abandono u otras causas, perdieron su derecho los dueños anteriores.

En el Archivo de Simancas se conservan varios documentos relacionados con la Real Junta de Minas correspondiente a su primer período, en que Felipe IV (1643) reformó el Consejo de Hacienda; como son: 20 de mayo de 1625 en Guadaluca, donde residía. Poder de Juan de Oñate, Adelantado de la provincia de Nuevo Méjico, Visitador General de las Minas de España, a favor de Andrés de Carrasquilla, su secretario, para que tomase el asiento de rendimiento, trabajo y administración de todas las minas del reino descubiertas y por descubrir.

Según referencias de la época, Oñate pasaba de la edad de 70 años cuando fue designado visitador. Visitó, como tal, las minas del Bierzo, Guadalcanal, Galaroza, Constantina y otras muchas, aumentando los descubrimientos y formando con S. M. un asiento para el beneficio de estas minas, otorgado en Madrid (21 de mayo de 1625). En Madrid (15 de junio de 1625), Cédula de S. M. ordenando se guarde a Juan de Oñate, visitador general de minas y a sus colaboradores, las preeminencias concedidas por las ordenanzas. En Madrid (15 de junio de 1625), Cédula de S. M. declarando la forma en que se debe proceder las causas civiles y criminales que se ofreciesen contra los criados del adelantado Juan de Oñate. También hay antecedentes del nombramiento de administradores regionales como la Cédula de S. M. dada en Madrid (4 de noviembre de 1627) nombrando Administrador General de Asturias a Domingo Marcos. También existen RR. CC. para misiones particulares, como las instrucciones (3 de diciembre de 1627) de la Real Junta de Minas al licenciado Gregorio Lopes Madera para el viaje que va a realizar, de reconocimiento de las minas de Andalucía. La R. C. (1628), en Olbega, de Felipe III, al Marqués del Espinar, para la administración de una mina de carbón de piedra en el término de la Villa de Olvega (Olvega). Entre la designación de ensayadores figura el nombramiento dado en Madrid (junio de 1630) de ensayador y beneficiador de las minas de plata a Martín de Soto, con la asignación de un salario anual de 300 ducados. En el ramo de beneficio, está la Cédula (16 de junio de 1632) para que Gregorio Romero hiciese demostración de un ingenio de fuelles que había propuesto en la Junta de Minas a su satisfacción y se le diese privilegio para usar de él con una regalía del diezmo. En Madrid (1638) se comisionó a Pedro González de Guitián, Administrador de Minas del Reino de Galicia, para el conocimiento de las causas que se ofreciesen en los lavaderos de oro y minas, aunque estuviesen en el reino de León y Obispado de Astorga.

Real Cédula dada en Madrid (13 de febrero de 1629) para que Juan de Garriga, demuestre ante la Junta de Minas los planos y dibujos de una máquina desaguadora de minas, de movimiento «quasi perpetuo».

El vecino de Sevilla, Tomás de Cardona, Síndico General de la Orden de San Francisco, sirvió muchos años a S. M. en el ejercicio de la navegación de las Indias, alcanzando el grado de Capitán, siendo designado maestro de Cámara y Fiscal en la Real Junta de Minas, conservándose en el Archivo de Simancas las cuentas (1631-1635).

La Real Junta de Minas perdió su independencia por el R. D. (3 de abril de 1747) de Fernando VI, dado en el Buen Retiro, por el que fue integrada en la Real Junta de Comercio, Moneda y Minas.

Ante la actuación poco satisfactoria, durante sus últimas décadas de la Junta de Minas, se pensó crear en la corte una Dirección General de Minas, con sus inspectores y técnicos en número suficiente para atender toda la extensión y objetos que abrazase (1788).

No deben olvidarse actuaciones destacadas en el campo de la minería durante este período: Los Condes Fúcares, que habían llegado a España en 1524, lograron un primer arrendamiento de Almadén por tres años (1525-1527), con prórrogas sucesivas hasta su cese en diciembre de

1645, con su pase definitivo a la Real Hacienda. Para seguir la actividad de las minas se designa, por R. C. (25 de agosto de 1646), sancionada en Zaragoza, un administrador general de las Minas, Mateo Naguelio, quien cesó en julio de 1651, al que siguieron una sucesión de directores y superintendentes. De esta época (1735) es la ordenanza para el gobierno y administración de las minas de Almadén con reglamentos de 1789 y 1802, aplicados hasta las bases aprobadas en 19 de octubre de 1835.

En la mina de Guadalcanal, descubierta hacia 1551, hicieron asiento con Felipe III (1632) los herederos de los Fúcares para su beneficio, cuando éstas ya habían entrado en su período de decadencia, abandonándolas por dos causas fundamentales, la esterilización del criadero y las dificultades del desagüe.

Otra concesión destacada fue la otorgada al sueco Lieberto Wolters Vonsiohielm (1670-1727), quien de buzo en la Ría de Vigo, pasó a minero, solicitando de S. M. (1724) un arriendo por treinta años de las minas de Riotinto, Guadalcanal, Cazalla, Aracena y Galarza. Concedida la petición, las bases para constituir la compañía explotadora fueron firmadas en Madrid (4 de septiembre de 1725), año de iniciación de los trabajos en Riotinto. Falleció (1727), quedando al frente del negocio su sobrino Samuel Manuel Tiquet, también de Estocolmo, fallecido poco después (11 de septiembre de 1758).

#### 5. ACTIVIDADES DE FRANCISCO DE ANGULO (1788-1815)

La primera Dirección General de Minas del Reino, dependiente de la Real Junta de Comercio, Moneda y Minas, fue creada en 1785 y cubierta en 1788, por Francisco de Angulo, en atención a su notoria inteligencia en mineralogía, puesto desempeñado brillantemente hasta su fallecimiento. En aquella época, la mineralogía, según el Conde de Peñaflores, era la ciencia que enseña: los indicantes de las minas; la dirección de sus ramificaciones; graduación de sus cualidades; los medios de desahogar y ventilar los subterráneos; el arte de asegurar las excavaciones, para precaver todos los riegos a los mineros; facilitar el hallazgo de los tesoros escondidos en las entrañas de la tierra, su extracción y aprovechamiento, con la mayor seguridad, utilidad y economía.

La experiencia aludida en el nombramiento, la había adquirido Angulo, entre otros sitios, en la Real Academia de Minas de Freiberg (Xajonia), no figurando en la relación general de alumnos de aquel prestigioso centro, por haber cursado los estudios como oyente. Dirigió las Minas de Taucique, en el Ducado de Saboya. Recorrió profesionalmente varias minas y establecimientos industriales de Alemania y Austria. Lo supone gallego el historiador Maffei, por sus trabajos sobre Galicia, como son: las observaciones meteorológicas de Verín, durante los meses de junio y julio de 1788; descripción de las aguas del Valle de Villal en Monterrey; de la Fuente de Abedes en Sousa, etc. Sobre la naturalidad de Verín, debemos tener en cuenta que en el expediente de Académico de la Real de Matemáticas y Nobles Artes de la Purísima Concepción

de Valladolid, figura su hermano Manuel como vallisoletano, y profesionalmente como director particular de minas. Fue uno de los fundadores de la Academia y posesionado como Académico de Mérito el 28 de octubre de 1779, dando Maffei esta data con error al consignar 10 de octubre de 1783. Francisco también perteneció como Académico de Número a esta Real corporación (23 de enero de 1785).

Amigo y compañero de estudios de Elhuyar, quien conocía su valía y competencia, le ofreció el empleo de Apartador General de Minería de México, por su utilidad para la mejora de la industria mineralúrgica de Nueva España. La formación de ambos mineros era parecida, coincidiendo en muchos de los puntos expuestos por el riojano, 37 años después, con el razonamiento de Elhuyar sobre la nueva ley de minas.

Fue comisionado Angulo (1794) para efectuar una visita a las minas de Almadén y las demás de azogue que se beneficiaban por cuenta de la Real Hacienda, emitiendo su informe (22 de agosto de 1794), base de la R. O. (24 de septiembre de 1794), para que indicase las personas de quienes se podía echar mano para desempeñar los empleos de director, delineador y profesor de la Real Academia de Minas. En aquella época, era Director Juan Federico Mayer (17...-179...), quien había sido nombrado por R. O. (16 de septiembre de 1791), por separación de las direcciones de la Academia y de la mina, con motivo de la enfermedad de Juan Martín Hoppensack (17...-1815), sucediéndole también en la dirección de la Academia, cuando se dio por finalizado el contrato de Hoppensack (8 de septiembre de 1792). Proponía Angulo como indispensable la designación de un director instruido y español (7 de octubre de 1794), pues los cuatro anteriores, todos xajones, no habían dado el resultado esperado. Sin considerar esta opinión, como una censura a Mayer, a pesar de su reducida actividad, durante el último período, posiblemente por su delicado estado de salud. Opinaba Angulo que en caso de prescindirse de Mayer, por su precaria salud, o por otra causa, y dado que el puesto de director de Almadén requiere muchos conocimientos en la ciencia de las minas, la persona más adecuada, con unas circunstancias no igualadas, era su hermano Manuel (17...-1799), quien después de haber estado tres años en los colegios de minas de Hungría y Xajonia había sido alumno de Freiberg, perteneciendo a la promoción de 1791, inscrito en la relación cronológica de dichos alumnos con el número 361. Continuó durante dos años un viaje de estudio, recorriendo los centros mineros y metalúrgicos de Alemania, Suecia e Inglaterra, país donde se hallaba en el momento de emitir el informe. Fue designado Manuel de Angulo, director de la Mina y la Academia (R. O. de 1 de abril de 1796). Su dirección sólo duró tres años, delicado de salud, acercaron su fin los graves accidentes ocurridos en Almadén (1799).

Había pensado Francisco de Angulo, como Director general de minas, el paso del alumno de la Academia de Almadén, número 8, Andrés Manuel del Río y Fernández (1764-1849), perteneciente a la promoción de 1782 a la Real Academia de Freiberg, donde cursó los estudios con el número 333 de la promoción de 1789. Para preparar delineadores y profesores con destino a la Academia de Almadén propuso, Francisco de Angulo, al delineador de la

promoción de 1788 Francisco Carlos de la Garza y Angulo (1757-1832) y a tres cadetes, los dos componentes de la promoción de 1790, Joaquín Cabezas (17...-1828) y Diego de Larrañaga y Gárate (17...-1814), y Braulio Hernández Correas de la de 1791, de ellos los únicos pensionados para estudiar minería en Freiberg fueron Garza y Larrañaga, ambos alumnos oficiales de la promoción de 1798, llegando a directores de Almadén. También indicaba en la contestación la conveniencia, por sus aptitudes docentes, destinar a Cabezas como profesor, y dado su conocimiento del idioma alemán, ultimar la traducción, iniciada por Juan Graef (17...-1781), de la obra del profesor Chrisph Traugott Delius, así como su incremento y actualización con los descubrimientos modernos, es decir, preparar una obra básica de las ciencias de las minas para la juventud. No existen antecedentes de que la obra se publicase.

En este mismo informe insiste Angulo continuase la costumbre establecida por el superintendente de las minas de Almadén, José Rojas y Hierro, de enviar a Madrid los cadetes de Almadén, para ampliar su instrucción en las cátedras de matemáticas, física, química y ciencias naturales. Proponía el incremento de las pensiones de los alumnos hasta 100 ducados, por ser insuficientes para vivir el que estaban disfrutando. Insistió en que la graduación militar de los cadetes fuera como mínimo de alférez, por lo menos la de los pensionados en el extranjero.

Propuso la reorganización del plan de estudios y las categorías, finalizados éstos. Se daba la denominación de delineantes o geómetras subterráneos a los funcionarios destinados a la explotación de minas, concepto diferente al del extinguido cuerpo de delineantes de minas, procedentes por oposición entre los capataces de minas. Era criterio personal de Angulo, que se les diese la denominación de ingenieros. No existió escala del cuerpo hasta la creación del Real Cuerpo Facultativo de Minas (R. D. de 21 de septiembre de 1833), pasando de la categoría de delineantes o geómetras subterráneos a la de directores.

La enseñanza regular de la Academia de Almadén se inició (1777), como indicamos en el capítulo 2.º, con un profesor de geometría subterránea. Era necesaria una base de matemáticas, fácil de adquirirla cada alumno en su lugar de procedencia. Los seis alumnos de la primera promoción (1778) de la Real Academia de Minas de Almadén, habían cursado matemáticas en Madrid y Barcelona, y los conocían como «jóvenes matemáticos».

A la consulta hecha por el secretario de estado Soler (San Lorenzo, 15 de noviembre de 1799) sobre organización de la enseñanza de la minería, es la respuesta de Angulo, donde trata de dos aspectos: ubicación y temario. Sobre la situación geográfica, considera las posibilidades de Almadén y Riotinto, pero dada la circunstancia de que ya existía (1777) una Academia de Minas en Almadén debía continuar en dicha ciudad. Referente al temario, indicó que para ser completa la formación debe comprender cinco disciplinas: química, mineralogía y metalurgia; arte de minas; geometría subterránea; delineación; lengua alemana. Unirse siempre la enseñanza teórica con la práctica. Realización de prácticas en Riotinto, Almadén y establecimientos del extranjero. La base requerida antes del ingreso en la Academia debía consistir en nociones de la

tinidad, lógica, matemáticas y física, prefiriendo a los que poseyesen química, mineralogía y lengua alemana o francesa. Como estos últimos conocimientos eran de fácil adquisición en las cátedras de Madrid, opinaba debían cursarse en la corte. En aquella época existía, dependiente del Ministerio de Hacienda, y ubicado en la calle del Turco, el Laboratorio Químico-Metalúrgico, con Francisco de Chabaneau (1754-1852) como director y, el antiguo alumno de Almadén, Joaquín Cabezas como director interino, unificado (R. O. de 18 de abril de 1799) con el laboratorio de química del Ministerio de Estado de la calle de Alcalá, dirigido por Pedro Gutiérrez Bueno, pasando ambos a depender del Ministerio de Estado, bajo la dirección de Jose Louis Proust (1754-1826). A este conjunto le dieron el nombre de Real Estudio de Mineralogía. Esta voz tenía una acepción diferente, que cuando se establece su primera enseñanza en el XVIII. El estudio fue inaugurado el 18 de marzo de 1800. Una de sus principales figuras fue el magantino Cristiano Herrgen (17...-1816), funcionando el centro a plena satisfacción, hasta la invasión napoleónica (1808), igual que ocurrió con la Academia de Almadén.

El primer alumno de Almadén enviado a seguir las enseñanzas de química y mineralogía de Chavaneau, inauguradas el 1 de noviembre de 1792, fue José María de San Cristóbal, número 15 de la relación de alumnos de Almadén, perteneciente a la promoción de 1792, incorporado 1795, continuando en el goce de su sueldo. Establecida la alternativa de que cada año pasaran a la corte dos discípulos a oír a Chavaneau durante seis meses, a mediados de 1797 se ordenó el regreso de Antonio Torrens y Rivas, número 13 de la promoción de 1791, de Juan Roig Salas, número 11 de 1791, y del mencionado San Cristóbal, con el fin de que pudiesen pasar a oír las lecciones, José Antonio de Larrañaga y Arámbarri, número 16 promoción 1794, y Manuel Hernández Correas, número 17 de la misma promoción. San Cristóbal, que no le agradaba la estancia en Almadén, obtuvo permiso para residir en Azcoitia, su tierra natal, quedando afecto a las órdenes del Príncipe de la Paz. Cuando falleció ocupaba administrativamente la plaza de ingeniero en Almadén. De sus dos compañeros, Larrañaga fallecido en Madrid en 1859, lo fue como Director titulado de Almadén, y Hernández, en 1840, como Director de Linares.

Resultado de las gestiones de Angulo fue la R. O. de 23 de julio de 1800, por la que se aumentaban a 12 el número de cadetes pensionados, con 12 rs. diarios y a otros doce los supernumerarios sin sueldo, y la R. O. de 26 de septiembre de 1800, por la que se pasa a Agustín Ugenea, de la promoción de 1799, a la categoría de delineador de las minas, con la obligación de la enseñanza pública en Almadén de matemáticas y dibujo. Con las ideas de Angulo quedó actualizada en Almadén la enseñanza de la minería, con tres cátedras dotadas (23 de julio de 1800), ocupadas por Francisco de la Garza la geometría subterránea, Diego de Larrañaga la de minería práctica y Ugenea las matemáticas y dibujo, inaugurándose las nuevas enseñanzas (1 de marzo de 1801), mereciendo la felicitación de Carlos IV por R. O. (14 de marzo de 1801).

Entre los muchos informes de Angulo, de los pocos que se conservan, son el de Linares y el de La Carolina, fir-

mados el 15 y 26 de septiembre de 1786, anunciando su desplazamiento para Alcaraz, que pensaba iniciarlo el 27 de septiembre.

*mas bajas de estas Sierras que se  
hallan en el paralelo de Linares, y  
espero que así serán mas fructuosas.*

*Mañana partiremos para  
Alcaraz en donde recibire las órdenes  
que V.E. se digna de comunicarme.  
No sé que la persona de V.E. me  
a. como deseo. La faré linares a 26 de  
Septiembre de 1786.*

*Exmo Sr.  
Sr.  
D. L. M. de S.  
Su majest. y real. serv.  
Francisco de Angulo*

*Exmo Sr. fondo de Florida Blanca.*

Ambas minas las denomina de plomo sulfúreo y dice le sorprendió el nombre de alcohol que daban al mineral. Esto confirma su origen gallego o castellano, ya que la denominación de alcohol es de origen árabe y usada de antiguo en el sur de España, también con el nombre de alcohol de alfareros por su uso en el vidriado de la alfarería, y alcohol de hoja, cuando se trata de masas exfoliables. Esta denominación es posterior a la de galena, usada ya por el naturalista Cayo Plinio, pretor de la Bética (23-79). Se quejaba Angulo del «Poco cuidado en la observancia de los reglamentos relativos a la solidez y firmeza de las minas, la malevolencia del jefe» causa de la ruina en las minas y de la «Falta de conocimiento de la geometría subterránea, con exposición del minero, a cada paso, de cometer mil errores». No comprendía una explotación minera sin planos. Sostenía que cada operador debe saber sacar los planos de las minas.

Para la separación de las rocas y dividir las en clases para la venta, se necesita persona inteligente en Química Metalúrgica, para la selección de las sustancias útiles. Escribía que en las terreras hay muchas sustancias útiles para la fundición de ellas, de lo que sacan provecho los rebuscadores. En aquella época, criticaba que la tasa de los alcoholes se hiciese a ojo por los veedores, lo que no me extraña, pues en el año 1930, en las del grupo minero de la Esperanza, de la U. E. E., todavía se hacía de esa manera por los veedores, con un error de un 1 por 100, comprobado con los laboratorios químicos. Expone la necesidad de un ensayador para la identificación y valoración de la plata. Pide ayuda al Rey, para evitar el abandono en que se hallaban los mineros enfermos y accidentados, por falta de hospital y de cirujano inteligente. Las consecuencias de golpes y fracturas frecuentes, ponen de manifiesto la inexperiencia e ineptitud de los facultativos. En las minas de Linares, todo estaba en el mayor abandono, como el cumplimiento de los reglamentos de minas, la clasificación del personal apto para los diversos puestos, parcialidad en la designación de quienes habían de emprender un trabajo de importancia. La selección del personal lo hacían sujetos que desconocían a fondo las labores. Se gobernaba por los dictámenes de los aperadores, gente sin principios e incapaz de dirigir ninguna labor con acierto. También destacaba Angulo la carencia de fábricas suficientes para evitar la importación de géneros manufacturados, a base del mineral español.

Siempre tuvo la preocupación de la instalación de fábricas mineralúrgicas, para sacar el máximo provecho y empleo de mano de obra, a base del beneficio de los minerales españoles. En este sentido tuvo dos intervenciones en el mismo año (1787), una informando y apoyando ante la Real Junta de Comercio, Moneda y Minas, la creación de una fábrica de lapiceros en las minas de grafito de Marbella, puestas nuevamente en actividad en (1749), siendo los capitalistas los señores Jiménez Pernet. La otra fue como presidente de una comisión para inspeccionar las minas de Riotinto, integrada por un matemático, tres químicos y mineralogistas extranjeros. Se inició la inspección en enero de 1787 y finalizó en julio del mismo año. Hicieron varios ensayos y pruebas, para intentar obtener el máximo fruto de sus minerales.

#### 6. INTERVENCION LEGISLATIVA DE ANGULO

Entre las ideas sobre minería expuestas reiteradamente por Angulo figuran: Conveniencia de una duración de varios años de las concesiones mineras, por ser perjudiciales las de período reducido, por necesitar bastante tiempo el reconocimiento y preparación de la explotación. La duración larga, favorece la reducción del gasto, fomenta el buen orden del laborío, facilita la fortificación y aseguramiento de los labrados, estabilidad económica de las maniobras para el más completo aprovechamiento de sus frutos. En general, su opinión era hacia una concesión perpetua, condicionada. Como precedentes cortos, cita el de Riotinto, hasta su explotación por el Gobierno (1783) y los de carbón por 20 años (R. C. de 15 de agosto de 1870). Uno de los medios de favorecer la duración del laborío, es la moderación de los impuestos, suministro

con abundancia y baratura de los efectos de uso común, aminorando, en lo posible, los obstáculos y gastos de sus operaciones de maniobra. Debe obligarse al trabajo continuo, salvo casos de peste o hambre, bajo pérdida de la concesión. Registro minero por una autoridad especial designada al efecto. Dejar libre de toda imposición los productos del beneficio, pero ante esta imposibilidad, opina que debe establecerse una carga anual, función de cada pertenencia, y otra proporcional a la utilidad líquida de cada empresa. Nombramiento del personal de la Dirección General de Minas, por S. M., en número suficiente para atender las funciones, siempre a propuesta del Director General de Minas, con dotación del Real Erario. Jurisprudencia en materia de minas a cargo de los empleados de la Dirección General, pudiendo consultar con letrados asesores. Facultad a los inspectores de minas, para conocer en los delitos cometidos en las minas y sus oficinas de beneficio. Establecimiento de escuelas en las que teórica y prácticamente adquieran los mineros conocimientos sobre las ciencias naturales, por deberse cimentar la minería sobre los principios de estas ciencias. Para su ubicación, considera como parajes más adecuados los centros mineros, como Almadén, donde ya existe una Real Academia de Minas y Riotinto. Las disciplinas a cursar serán: geometría subterránea, laborío de minas, docimasia y mineralurgia. Ayuda a los alumnos, hasta su graduación como ingenieros. Admisión libre y franca de cuantos deseen recibir las enseñanzas. Para fomentar y promover estas enseñanzas, debe concederse, a quienes las sigan, exenciones totales del servicio militar, y goce de distinciones y prerrogativas. La mayoría de estas ideas eran concordantes con las sostenidas por Elhuyar. Su opinión era contraria al trabajo de las minas por el Gobierno, salvo casos muy extraordinarios, como el de Almadén. Necesidad de caudales crecidos para la rehabilitación de minas profundas y aguadas, así como la puesta en marcha de los registros, lo que requiere de los particulares interés, diligencia y dedicación de capitales grandes, en espera de su multiplicación, pero cuando flaquean los rendimientos, se desanima la prosecución de los trabajos, como le ocurrió al propio Angulo, cofundador en Asturias de la Compañía de San Luis, con la idea de crear una gran empresa de explotación carbonífera.

Entre las disposiciones sobre minería, en que tuvo Angulo participación activa, figuran cuatro sobre «minas de carbón de piedra», que vamos a comentar. Todas se refieren a las minas de Villanueva del Río, y añade en las mismas «como a cualesquiera otras de mis vasallos, que pretenden beneficiar otras minas, de esta especie, en los demás pueblos y provincias de estos Reynos». Menciona a Villanueva del Río por ser la localidad donde se ubica el primer permiso de minería de carbón de piedra, concedido (1742) a Juan Ledis.

La minería de carbón de piedra, por R. C. dada en San Ildefonso (15 de agosto de 1780) por Carlos III (1759-1788), quedó separada del criterio general, establecido para las minas de oro y plata, azogue y demás metales (R. C. de 22 de agosto de 1584), dejando libre el beneficio del carbón de piedra, por todo el reino. En la interpretación de esta ley surgieron dudas y discrepancias de criterio, siendo uno de los que plantearon el tema el comerciante de la Villa de Gijón Juan Bautista González Valdés. Dispuso Carlos IV (1788-1808) por R. O. (28 de marzo de 1789) el pase

de la representación de González Valdés, a Gaspar Melchor de Jovellanos (1743-1810), para su estudio, informando (9 de abril de 1789) en Madrid. Entre otras discrepancias con las leyes en vigor, sostiene su criterio opuesto a que «basta el descubrimiento y denuncia de ellas, para dar al descubridor un título de propiedad y el derecho de hacer exclusivamente su beneficio». Proponía la creación de un consulado en el puerto de Gijón, con una escuela, entre cuyas cátedras debía profesarse: «la mineralogía, para extraer los minerales; la metalurgia, para perfeccionar el conocimiento y uso de los minerales». Estudiado este documento por el Director General de Minas, con intervención del baylio Frey Antonio Valdés, se pasó a la Junta Suprema de Estado (17 de agosto de 1789), promoviéndose la oportuna R. C. dada en Madrid (26 de diciembre de 1789) por Carlos IV. En ella se actualiza la anterior, con el fin de simplificar la tramitación oficial para su beneficio. Se dispone la libertad de beneficio y tráfico por mar y tierra para todo el Reino, del carbón de piedra. Deben pertenecer las minas a los propietarios de los terrenos o dueños directos. Si el propietario se negara a beneficiarlas, se adjudicarán al descubridor, dando éste la quinta parte del producto al propietario. Aplicación del mismo criterio en los terrenos propiedad de los pueblos y en los comunes. Prohibición de calas y catas en terrenos ajenos sin licencia del dueño. Deroga la R. C. de 13 de agosto de 1780, y cualquier disconformidad con lo establecido ahora.

Promulgada las nuevas reglas para el beneficio de las minas de carbón de piedra (R. C. de 26 de diciembre de 1789), pronto plantea Angulo (30 de abril de 1790) su disconformidad, como Director General de Minas, a las reglas 1.ª y 2.ª, por las que se declara libre su beneficio y tráfico por mar y tierra, y su pertenencia al propietario de los terrenos. Sostiene Angulo la pertenencia de las minas de carbón de piedra a S. M., así como las de oro, plata y otros metales. Cuando no perteneciesen, la libertad de beneficiarlas concedida a los beneficiarios por la R. C., sería contraria al fomento de su beneficio y cultivo. Consecuencia de estas alegaciones de Angulo fue el R. D. (17 de agosto de 1790), donde se atienden sus razonamientos, concordantes con las teorías económicas de aquella época. Esta real disposición motivó las reflexiones de Jovellanos (Gijón, 10 de mayo de 1791), sobre el R. D. (18 de agosto de 1790) y la necesidad de su derogación parcial, por limitar en parte el derecho y la libertad de los propietarios en el cultivo de las minas de carbón de piedra. En parte quedan justificadas estas reflexiones de Jovellanos, por haberle remitido el Secretario de Estado y de la Real Hacienda, una R. O. (7 de septiembre de 1790), pidiéndole opinión sobre el informe de Angulo (30 de abril de 1790). Discrepa Angulo del criterio arcaico de Jovellanos, al sostener «la incorporación de las minas a la Corona habrá absorbido todo el dominio directo y del fondo del territorio de España». Coinciden con Angulo en que la recompensa del quinto señalada para los propietarios de los terrenos, es muy gravosa, sólo posible de sufrir por una mina abundantísima y facilísima de trabajar. La coincidencia de otro punto de vista llega a conclusiones análogas, para Angulo, el encarecimiento del carbón de piedra, incrementaría el precio de los productos industriales, para Jovellanos conduciría al cierre de las minas, al tener menor mercado. Ambos coinciden en

# REAL CEDULA DE S. M.

**T SEÑORES DEL CONSEJO,  
EN QUE SE ESTABLECEN LAS REGLAS  
que han de observarse en el modo de beneficiar los  
minerales de carbon de piedra, en la  
conformidad que se expresa.**



**EN MADRID:  
EN LA IMPRENTA DE DON PEDRO MARIN.  
AÑO DE MDCCLXXXIX.**

que la impericia y pobreza de los propietarios conducen al abandono de los trabajos, funcionando con técnicas de labranza primitiva. Era partidario Angulo de la redacción de una ordenanza de minas o de un reglamento de policía minera y metalúrgica, para la mejor explotación de estas industrias, y de un cuerpo de facultativos competente, mientras no estuviese más adelantada la industria minera y sus derivadas. Referente al cuerpo de facultativos «haría un bien increíble en Asturias y ninguno a casi ninguno en Madrid». Con la redacción de la ordenanza deseada por Angulo estaba de acuerdo la Junta de Comercio, Moneda y Minas.

La recopilación legal, limitando la extensión de las minas de oro, plata, cobre, plomo y piedras preciosas, sin mencionar los demás productos minerales, según el criterio de Angulo, por semejanza, debía comprender las ocurrencias posteriores, de acuerdo con la costumbre inmemorial de reservar la propiedad de las minas a los soberanos, correspondiendo únicamente al propietario del terreno, la indemnización por los daños y perjuicios ocasionados por su labranza y beneficio. Con este criterio se preparaba la nueva legislación de minas, sin llegar a sancionarse, coincidente en sus rasgos generales con la ley orgánica de minas elaborada por Elhuyar (18 de diciembre de 1825).

La Real disposición sobre el carbón de piedra (15 de septiembre de 1790), dice en el preámbulo: «Habiendo representado el Director General de Minas, los inconvenientes que podían resultar de la ley de 26 de diciembre de 1789, he resuelto, que interin apruebo la nueva ordenanza general de minas, que mandaré extender con atención al estado actual de esta rama, subsista lo dispuesto en la cédula citada. Se permita a cualquiera hacer calas y catas, para buscar minas, pagando el daño a los dueños de los terrenos. Descubierta la mina, el dueño del terreno será el preferido para labrarla, con tal que lo execute con arreglo, modo y arte, y dentro de los seis meses después que se haya hecho saber el descubrimiento de ella. De no hacerlo, se adjudicará al descubridor, y caso de no interesarle, a quien tenga proporción de ejecutarlo, dando al dueño del terreno el diez por ciento del valor del carbón, deducidos gastos. En los terrenos comunes se adjudicarán a los descubridores, resarcidos estos al lugar o Concejo, el beneficio que de los terrenos sacaban con los pastos, leñas o de otro modo, a justa tasación.»

La real disposición (24 de agosto de 1792), dada en San Ildefonso, insiste con fuerza de ley: 1.º Deja las minas de carbón de piedra, de libre aprovechamiento, como lo eran por antigua costumbre las de hierro. 2.º La Corona conserva la suprema Regalía de incorporar en sí, las necesarias o convenientes para el uso de la Marina Real, fundiciones, máquinas y otro cualquier objeto de servicio público. 3.º Los propietarios de los terrenos donde haya minas de carbón, las podrán descubrir, laborear y beneficiar por sí propios, o arrendarlas, venderlas, por contratos o avenencias libres, estableciendo entre las partes condiciones, tiempo y precio, o por almonedas públicas, cuando los terrenos sean concejiles. 4.º Se podrá comerciar libremente, por mayor y menor, dentro del Reino, con los carbones que saquen de las minas, sin cargarles derechos reales. Serán libres de Rentas generales los que se transporten en buques españoles, pero si se hace en buques extranjeros, se cargarán y exigirán los derechos de Rentas generales. 5.º Restablece privilegios para la «marinería terrestre» que sirviesen estos barcos carboneros. 6.º Establece premios para la «marinería carbonera». 7.º Para el fomento del tráfico interior y exterior de los carbones, según abundancia y calidad de las minas, «particularmente en Asturias»; considera indispensable la apertura y reparación de carreteras y caminos de travesía y la habilitación de la navegación en algunos ríos. Dispone que por el Ministerio de Marina, promueva el expediente de navegación por el río Nalón. 8.º Promoverá el Ministerio que en Asturias se establezca una escuela de Matemáticas, Física, Química, Mineralogía y Náutica, con el doble fin de for-

mar personal minero para el laboreo y beneficio, y pilotos que dirijan la navegación. Daba Angulo mucha importancia a la formación del personal minero. «Pues aunque ahora, por ser minas nuevas y superficiales se saca de ellas carbón en abundancia, no sucederá lo mismo cuando se profundicen, y sea imposible beneficiarlas sin los auxilios del arte.» En el preámbulo de esta Real disposición se dice «hizo presente el Director general de Minas lo que juzgó propio de su oficio».

La última disposición relacionada con la minería asturiana de carbón, en la que también intervino Angulo es la R. C. dada en Madrid (5 de agosto 1793), interpretación aclaratoria del concepto segundo de la anterior: «La Corona conserva la suprema Regalía que le pertenece, de incorporar en sí alguna de las expresadas minas en su justo valor, o admitiendo la cesión que espontáneamente se le haga». En los arriendos o subastas de las de Concejos, parroquias o lugares, los beneficios se destinarán «en cosas necesarias y útiles al común, como será construir puentes, abrir o componer caminos».

La idea de implantar en Gijón (Asturias) una Escuela para la enseñanza de la mineralogía erigiendo una escuela teórico-práctica de esta ciencia, la expone claramente Jovellanos en su informe (9 de abril de 1789), y la reitera (10 de mayo de 1791). Esta idea fue motivo de muchas críticas, entre ellas las de Casado de Torres, quien la consideró como un intento del político de monopolizar el movimiento comercial del carbón a favor de Gijón. En España la enseñanza de la minería se inició en Almadén (1755) y Vergara (1778). Estaba Angulo dispuesto a fomentar las enseñanzas en centros mineros, como Riotinto para la minería metálica, por ello apoyó la idea de Jovellanos y la incluyó, como hemos indicado antes, en el artículo 8.º de la R. C. de (1792) «en Asturias se establezca una Escuela de Matemáticas, Física, Química, Mineralogía y Náutica, a fin de que se difunda en aquella los conocimientos que son absolutamente necesarios para el laboreo y beneficio de las minas, y...». Este acuerdo fue comunicado a Jovellanos, por el baylo Antonio Valdés (24 de agosto de 1792), y recibida la notificación, según algunas versiones, el 1 de enero de 1793. La cátedra de mineralogía no llegó a proveerse. Pensó Jovellanos en el joven Timoteo Alvarez de Veriña y Cardecha (1779-1834) como futuro profesor de esta disciplina. Con magnífica formación; cuando falleció Veriña ocupaba los puestos de Director General de Minas y de Director de la Escuela de Minas.

Entre las disposiciones patrocinadas, de orden inferior, figura la R. O. (30 de junio de 1792), declarando exento de derechos reales a todo el antimonio de las minas de España, al que se extraiga y comercialice. La R. O. (30 de enero de 1794) eximente de derechos de entrada a los instrumentos, herramientas, utensilios y efectos extranjeros precisos para la explotación y laboreo de las minas de carbón de piedra, como las análogas para las fábricas de beneficio (R. O. de 9 de diciembre de 1789). La real disposición (31 de mayo de 1800), por la que se declara libre el laborio de los azogues que se descubran en el Reino, con la obligación de entregarlos a los Reales Almacenes, con precio cercano al de su expendio.

De los últimos años de la actividad de Francisco de

Angulo, fallecido en 1815, se conserva poca información, por haber estado depositada en el Archivo de Alcalá. La plaza quedó suprimida, hasta su restablecimiento diez años después (1825), por su amigo y compañero Fausto de Elhuyar.

## 7. TRABAJOS ESCRITOS POR FRANCISCO DE ANGULO

Fue autor de un elevado número de trabajos, la mayoría inéditos, desaparecidos del Archivo General de Alcalá (1939). Estaban ordenados en las carpetas de la Sección de Minas. Gracias a Maffei, se tiene noticia de varios, como son:

Observaciones meteorológicas en Verín, Galicia, durante los meses de junio y julio de 1788.

Varios sobre moneda, minas de azogue, minas de carbón de piedra, aguas minerales.

Aguas del Valle de Villaén, cercanas a Monterrey.

La Fuente Hedionda, a tres leguas de Barco de Avila.

La fuente hepática de Tamames, en las Sierras del Valero.

Fuente de Abedes de Sousa.

Tratado de las arenas auríferas y el modo de beneficiarlas en Brasil.

Descripción del gobierno de las minas del Emperador de Austria.

Establecimiento de la Dirección General de Minas en el imperio alemán y sus atribuciones para fomento de este ramo.

Apuntes de Historia Natural.

Autores españoles que han escrito sobre Historia Natural.

Petrificación de la concha llamada Trilobes.

Explicación de algunos animales de las Américas.

Franquicias de derechos de varias mercancías minerales.

Tratado acerca de la utilidad de la sal de higuera y de potasa.

Fábrica de salitre de Madrid.

Informe sobre la proposición de los señores Jiménez-Pernet para el arriendo de las minas de grafito de Marbella, 1787.

Informe sobre las minas de Río Tinto, enero 1787.

Las minas de carbón de piedra pertenecen al patrimonio de S. M., así como las de oro, plata y otros metales, 30 de abril de 1790.

Las minas de carbón de piedra, cuando no les perteneciesen, la libertad de beneficiarlas, concedida a los propietarios por la R. C. de 26 de diciembre de 1789, sería contraria al fomento de su beneficio y cultivo, 30 de abril de 1790.

Informe sobre las minas de Almadén y las demás de azogue que se benefician por cuenta de la Real Hacienda de 22 de agosto de 1794.

Proposición de establecimiento de un Consejo de Minas, 1799.

Fijación de la enseñanza de minas en Almadén o Riotinto, 1799.

En el Archivo Histórico Nacional, sección ESTADO, siglo XVIII, se conservan.

Estado, defectos y mejoras que pueden introducirse en las minas de Linares. Linares, 15 de septiembre de 1786.

Estado, defectos y mejoras que pueden introducirse en las minas de La Carolina. La Carolina, 20 de septiembre de 1786.

## 8. BIBLIOGRAFIA

*Papeles de Almadén. Hacienda.* Archivo Histórico Nacional. Madrid.

*Estado. Siglo XVIII.* Archivo Histórico Nacional, Madrid.

ANÓNIMO: *Archivo General de Indias. Índice de documentos sobre minas (1316-1832).* Cátedra de San Isidro. León, 1976, 198 pp.

ADARO RUIZ, L.: *Datos y documentos para una historia minera e industrial de Asturias*, t. 1, Gijón, 1981, 938 pp.

ELHUYAR, F. DE: *Memoria sobre la formación de una ley orgánica para el gobierno de la minería en España* (3 de febrero de 1825). *Anales de Minas*, t. 1, 1838, pp. 1 a 153, Madrid.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: *La enseñanza de la minería en el mundo hispánico. Notas históricas.* Madrid, 1979, 200 pp.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: *Mineros destacados del siglo XVIII. Timoteo Alvarez de Veriña y Cardecha (1779-1834).* Bol. Geol. y Min., 1986, pp. 89 y 90.

LÓPEZ DE AZCONA, J. M., y MESEGUER Y PARDO, J.: *Contribución a la historia de la geología y minería españolas.* Madrid, 1964, 150 pp.

MAFFEI Y RAMOS, E.: *Centenario de la Escuela de Minas de España, 1777-1877.* Madrid, 1877, 300 pp.

MAFFEI Y RAMOS, E., y RÚA FIGUEROA, R.: *Apuntes para una biblioteca española*, 2 tomos, Madrid, 1871, 530 pp. y 1872, 700 pp.

## La industria minera española durante 1986

Por E. RUIZ DE SOMAVIA CABELLO

### INTRODUCCION

El Producto Interior Bruto (PIB) español a precios de mercado creció durante 1986 un 3 por 100 en términos reales respecto al año anterior —la tasa de crecimiento más alta desde 1978—, alcanzando un valor corriente de unos 32 billones de pesetas (32x10<sup>12</sup> pesetas), o lo que es lo mismo, 228.490 millones de dólares (\*). El crecimiento de los distintos sectores productivos fue bastante equilibrado, si no se tiene en cuenta el sector agrario que se vio duramente afectado por la baja experimentada en los resultados cerealistas. El incremento experimentado en 1986 se repartió de la siguiente manera: el sector agrario y pesquero descendió un 9 por 100 en relación al año anterior; el sector secundario tuvo un crecimiento real del 4 por 100, doble que el año anterior (3,5 por 100 de aumento en la industria y 6 por 100 de incremento en la construcción), y el sector servicios aumentó un 4 por 100. Parece, pues, que 1986 puede ser el año del inicio de recuperación industrial española.

La composición sectorial del PIB a finales de 1986 se estructuró de la siguiente manera: sector agrario y pesquero, 5,6 por 100; sector secundario, 37,6 por 100 (correspondiendo el 6,9 por 100 a la construcción y el 30,7 por 100 restante a la industria); sector servicios, 54,0 por 100, correspondiendo el 2,8 por 100 restante a los impuestos ligados a la importación y al ajuste del Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA).

La tasa de inflación durante 1986, medida a través del índice de precios al consumo, fue del 8,3 por 100, lo que supuso una décima de aumento respecto al año anterior y rebasar en tres décimas el objetivo previsto por el Gobierno. El año se inició con un fuerte incremento de precios como consecuencia de la introducción del IVA, requisito indispensable exigido a España desde su integra-

(\*) 1 dólar de 1986=140,05 pesetas (media anual).

ción en la Comunidad Económica Europea (CEE), el día 1 de enero de dicho año.

Como consecuencia del importante descenso que ha experimentado la inflación en los países occidentales, ha aumentado el diferencial español en 1986 (5 puntos porcentuales por encima de la media de los países de la CEE y 6 puntos respecto a la OCDE). Este hecho explica que el objetivo del Gobierno para 1987 sea que la tasa de inflación no supere el 5 por 100.

La balanza comercial española registró en 1986 un déficit de unos 5.938 millones de dólares, lo cual supuso un incremento próximo al 36 por 100 respecto al año anterior. A pesar del ahorro de casi 4.000 millones de dólares en la factura del petróleo —10.645 millones de dólares en 1985 frente a 6.653 millones de dólares en 1986—, como consecuencia de la baja de su precio y del descenso del dólar, aumentó el déficit comercial en 1986, debido al incremento de casi 9.000 millones de dólares en el resto de las importaciones.

Aun cuando en 1986 se ha vuelto a frenar, por segundo año consecutivo, el proceso de destrucción de empleo, lo cierto es que el paro sigue siendo el problema más acuciante con que se enfrenta la economía española. El número de parados rondó los 3 millones de personas, siendo la tasa de paro el 21,2 por 100 de la población activa, frente al 22 por 100 en 1985.

### ASPECTOS GENERALES DE NUESTRO SECTOR MINERO

El valor de la producción minera española durante 1986, si no se incluyen los hidrocarburos y el uranio, ascendió a unos 354.000 millones de pesetas (unos 2.528 millones de dólares de 1986), lo cual representó el 1,1 por 100 del PIB. Incluyendo hidrocarburos y uranio, el valor de la

producción minera durante 1986 se elevó a unos 396.148 millones de pesetas (2.829 millones de dólares), lo que significó el 1,24 por 100 del PIB.

El valor de la producción minera española durante 1986, inferior en un 9,5 por 100 a la del año anterior si se incluyen hidrocarburos y uranio, se ha visto afectada por los siguientes factores: la baja constante del dólar, la caída de los precios y el cese de la desgravación a la exportación debido al ingreso de España en la CEE. Por otra parte, la posibilidad de encontrar nuevos mercados a corto plazo se ha visto dificultada por la actitud, más o menos reciente, de los países en vías de desarrollo pro-

ductores de materias primas minerales de hacer frente al pago de los intereses de su elevadísima deuda exterior a cambio de dichas materias primas.

Puede afirmarse, por otra parte, que la crisis real que afecta al sector minero mundial, de carácter más o menos coyuntural, ha tenido una clara repercusión en la minería española, habiéndose producido durante 1986 un determinado número de conflictos que ha afectado de manera especial a la minería metálica.

El resumen del valor de la producción minera española durante 1986 y su comparación con el año anterior se recoge en el siguiente cuadro:

	1985	1986	Variación (%)
Productos energéticos ... ..	276.158.798*	242.649.649*	-12,1
	(191.992.707)**	(200.517.011)**	+ 4,4
Minerales metálicos ... ..	69.203.224	52.713.125	-23,8
Minerales no metálicos ... ..	43.788.939	45.019.907	+ 2,8
Productos de cantera ... ..	48.526.704	55.765.387	+14,9
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>437.677.665*</b>	<b>396.148.068*</b>	<b>- 9,5</b>
	<b>(353.511.574)**</b>	<b>(354.015.430)**</b>	<b>+ 0,1</b>

Unidad: 10<sup>8</sup> ptas.

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

\* Incluidos hidrocarburos y uranio.

\*\* Sin incluir hidrocarburos y uranio.

La población ocupada en el sector minero español durante 1986 se elevó a 81.081 personas, lo que ha supuesto una pérdida de 2.320 puestos de trabajo respecto al año

anterior. La distribución del empleo dentro de los diferentes subsectores mineros durante 1986 y su comparación con la del año anterior, fue la siguiente:

	1985	1986	Variación (%)
Productos energéticos ... ..	53.508	52.484	- 1,9
Minerales metálicos ... ..	8.805	7.767	-11,8
Minerales no metálicos ... ..	6.753	6.414	- 5,0
Productos de cantera ... ..	14.335	14.416	+ 0,6
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>83.401</b>	<b>81.081</b>	<b>- 2,8</b>

Según se desprende de los datos anteriores, el 64,7 por 100 de la población ocupada en el sector minero durante 1986 correspondió a los productos energéticos, el 9,6 por 100 a la minería metálica, el 7,9 por 100 a la minería no metálica y el 17,8 por 100 restante a los productos de cantera.

Aun cuando España es el país de la CEE con mayor grado de autoabastecimiento, respecto a las materias primas minerales, su grado de dependencia neta del exterior durante 1985 se elevó al 31 por 100 de sus necesidades.

El déficit del comercio exterior español de materias primas minerales durante 1986 —sin incluir hidrocarburos ni uranio— se situó, según datos provisionales, en torno a los 99.400 millones de pesetas (710 millones de dólares), lo cual significó un importantísimo descenso de casi el 21 por 100 respecto al año anterior. Este hecho pone de relieve la considerable contracción de la demanda española de materias primas minerales durante 1986 (ver cuadro adjunto).

## COMERCIO EXTERIOR DE MINERALES (MP)

	IMPORTACIONES		EXPORTACIONES		SALDO	
	1985	1986*	1985	1986*	1985	1986*
Productos energéticos (1) ...	77.404	57.176	306	507	- 77.098	- 56.669
Minerales metálicos ... ..	68.944	55.991	16.840	13.060	- 52.104	- 42.931
Minerales no metálicos ... ..	40.768	41.579	28.939	25.588	- 11.829	- 15.991
Productos de cantera ... ..	4.627	5.391	20.640	21.551	+ 16.013	+ 16.160
<b>TOTAL MINERIA ...</b>	<b>191.743</b>	<b>160.137</b>	<b>66.725</b>	<b>60.706</b>	<b>-125.017</b>	<b>- 99.431</b>

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España: Dirección General de Aduanas.

\* Datos provisionales.

(1) Sin incluir hidrocarburos de uranio.

A pesar del panorama descrito anteriormente, España ocupa un lugar nada despreciable dentro del sector minero mundial y bastante relevante en el seno de la CEE, sobre todo si no se tiene en cuenta la extracción de hidrocarburos. Entre los aspectos positivos que reflejan la importancia del sector minero español —principalmente si se compara con el de la CEE— figuran los siguientes:

— España ocupa el primer puesto —dentro de los países pertenecientes a la CEE— en la extracción de los siguientes productos: antimonio, cobre, tantalita, espato-flúor, mercurio, oro, pirita, plata, plomo y sulfato sódico; el segundo lugar en la producción de cianita, cinc, estaño, mineral de hierro, magnesita, mica y uranio; el tercero en el lignito, potasa, talco y wolframio; el cuarto en el asfalto, bentonita, caolín, feldespato y hulla más antracita, y el sexto lugar en la extracción de barita y cloruro sódico. (Durante 1986 experimentaron un cierre temporal las minas de antimonio y de estaño-tantalita.)

— En relación con la antigua CEE de los 10, las producciones españolas de las sustancias más importantes, es decir, aquellas en las que España ocupa el primer lugar, significarían multiplicar por 15,8 la producción de cobre en la CEE, por 7,2 la de antimonio, por 2,9 la de pirita, por 2,8 la de oro, por 1,9 la de plata, por 1,7 la de plomo y por 1,4 la de espato-flúor. En relación con el mercurio, tantalita y sulfato sódico, España sería el único productor comunitario.

Respecto a las restantes sustancias en las que España ocupa también un lugar destacado, puede decirse que las producciones de la antigua CEE de los 10 se verían multiplicadas por los siguientes valores: la de magnesita por 1,7, la de wolframio y mineral de hierro por 1,6 y la de cinc por 1,4.

— A nivel mundial, España ocupa un lugar destacado en la producción de las siguientes sustancias: mercurio (segundo puesto); pirita y sulfato sódico (tercero); espato-flúor (sexto); cianita y otros refractarios (séptimo); magnesita, potasa y feldespato (octavo); tantalita (noveno); y asfalto, bentonita y hulla más antracita (décimo).

Todo ello sin contar con otras sustancias como las pizarras y el estroncio —que no figuran en el informe publicado por Annales des Mines, a finales de 1985, que es el que ha sido utilizado para obtener las conclusiones expuestas— en las que España se disputa con Portugal y México, respectivamente, el primer puesto mundial. Hay que tener presente, además, que en la extracción de granitos España ocupa el segundo lugar mundial detrás de Estados Unidos, y en la de mármoles ocupa también el segundo puesto mundial después de Italia. Además es un importante productor de arcillas especiales, especialmente de sepiolita.

— En cuanto al potencial minero español, las cifras —referidas a reservas probadas— hacen pensar que las de la antigua CEE de los 10 se habrán incrementado notablemente con el ingreso de España en dicho organismo, sobre todo en lo que se refiere al mercurio, cobre, estaño, espato-flúor, wolframio, cinc, plomo, rocas ornamentales, arcillas especiales y estroncio.

— Otro hecho que resalta la importancia del sector minero español ante su entrada en la CEE, es que España adquiere de la Comunidad Europea sólo un 10 por 100, en valor, del total de las importaciones de minerales, mientras que exportó a la Comunidad el 53, 6 por 100 del total de sus exportaciones mineras en 1985.

— España ocupa el lugar número 38, por el valor de sus extracciones, en la industria minera internacional, teniendo en cuenta que en esta clasificación se incluyen también los hidrocarburos. Entre los países productores de productos energéticos, España ocupa el lugar número 40, mientras que en el resto de los minerales no energéticos asciende ya al lugar número 18. Estos datos ponen de relieve la importancia de la minería española no energética, que es muy variada, ya que en lo que se refiere a los países que producen mayor número de sustancias, España ocupa el lugar número 9 en el mundo y el primero en la CEE de los 12.

— En lo que concierne a la densidad de la producción

minera terrestre —medida en  $\$/\text{Km}^2$ —, España ocupa el lugar 43 en el concierto mundial, si se incluyen productos energéticos, y el puesto número 19 si no se incluyen dichos productos.

(1.899  $\$/\text{Km}^2$ ), Reino Unido (1.784  $\$/\text{Km}^2$ ) y Francia (1.582  $\$/\text{Km}^2$ ), por citar sólo países de la CEE.

— En este segundo supuesto, la densidad de producción alcanza la cifra de 1.261  $\$/\text{Km}^2$ , el doble de la media mundial, pero todavía bastante lejana de países como Alemania R. F. (3.121  $\$/\text{Km}^2$ ), Grecia

## PRODUCTOS ENERGETICOS

La producción española de productos energéticos durante 1986, y su comparación con la de 1985, queda recogida en los cuadros adjuntos:

Productos energéticos	1985	1986	Variación (%)
Hulla ... ..	10.280.905	10.285.924	+ 0,05
Antracita ... ..	5.810.392	5.609.873	- 3,5
Lignito negro ... ..	6.279.524	5.897.535	- 6,1
Lignito pardo ... ..	17.292.434	16.527.183	- 4,4
<b>Total carbones ... ..</b>	<b>39.663.255</b>	<b>38.320.515</b>	<b>- 3,4</b>
Crudos de petróleo ... ..	2.088.248	1.805.115	-13,6
Gas natural* ... ..	272.596	383.807	+40,8
Uranio (concentrado)** ... ..	274.422	293.277	+ 6,9
Otros productos energéticos ... ..	318.940	262.864	-17,6
<b>Total productos energéticos ... ..</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

Unidad: Toneladas.

\* En  $10^3 \text{ m}^3$ .

\*\* En Kg.

Productos energéticos	1985	1986	Variación (%)
Hulla ... ..	83.563.216	89.533.893	+ 7,1
Antracita ... ..	44.437.390	45.450.054	+ 2,3
Lignito negro ... ..	31.900.901	32.794.272	+ 2,8
Lignito pardo ... ..	32.091.200	32.738.792	+ 2,0
<b>Total carbones ... ..</b>	<b>191.992.707</b>	<b>200.517.011</b>	<b>+ 4,4</b>
Crudos de petróleo ... ..	74.235.179	31.288.537	-57,9
Gas natural ... ..	5.705.612	6.142.192	+ 7,7
Uranio (concentrado) ... ..	2.439.242	2.958.689	+21,3
Otros productos energéticos ... ..	1.786.058	1.743.220	- 2,4
<b>Total productos energéticos ... ..</b>	<b>276.158.798</b>	<b>242.649.649</b>	<b>-12,1</b>

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

Unidad:  $10^3$  ptas.

La producción de carbones durante 1986 se elevó a 38,32 millones de toneladas valoradas en unos 200.517 MP (unos 1.432 millones de dólares), lo que supuso un descenso del 3,4 por 100 en peso y un incremento del 4,4 por 100 en valor respecto al año anterior. Aun cuando se mantuvo prácticamente invariable la extracción de hulla, disminuyó la de los restantes combustibles sólidos, especialmente la de lignito negro en la producción de Teruel.

El 44,7 por 100 del valor de la producción de carbones durante 1986 correspondió a la hulla, el 22,7 por 100 a la antracita, el 16,3 por 100 al lignito negro y el 16,3 por 100 restante al lignito pardo.

La producción española de carbón se ha multiplicado por 3 en la década 1974-1984 gracias al espectacular crecimiento habido en la extracción de lignito que, en el período citado, se elevó de 2,9 Mt a 24,5 Mt, experimentán-

dose posteriormente un descenso en 1985 (23,57 Mt) y en 1986 (22,42 Mt). Una gran parte de la hulla se extrae en la Cuenca Central Asturiana y los mayores desarrollos en el campo de la antracita se han producido en las regiones de El Bierzo y Villablino, en la provincia de León. La casi totalidad del lignito pardo se obtiene en Puentes de García Rodríguez y en Meirama, en la provincia de La Coruña, y una proporción importante del lignito negro se extrae en la provincia de Teruel.

El 82,2 por 100 de la demanda neta de la antracita durante 1986, el 79,8 por 100 de la hulla y el 97,3 por 100 del lignito se quemaron en centrales térmicas para la generación de energía eléctrica.

La producción de crudos de petróleo durante 1986 se elevó a 1,8 millones de toneladas valoradas en unos 31.289 MP (unos 223 millones de dólares), lo cual significó un importante descenso del 13,6 por 100 en peso y del 57,9 por 100 en valor respecto al año anterior.

La producción de gas natural durante 1986 se elevó a unos 384 millones de m<sup>3</sup> valorados en unos 6.142 MP (unos 44 millones de dólares), lo que supuso un incremento del 40,8 por 100 en volumen y del 7,7 por 100 en valor respecto al año precedente.

La producción de concentrados de uranio durante 1986 alcanzó 293.277 Kg. de un mineral con un contenido en U del 72,9 por 100, y un valor de unos 2.959 MP (unos 21 millones de dólares), lo cual supuso un incremento del 6,9 por 100 en peso y del 21,3 por 100 en valor respecto al año anterior.

#### MINERALES METALICOS

La producción española de minerales metálicos durante 1986, y su comparación con la de 1985, se recoge en los cuadros adjuntos.

Minerales metálicos	Contenido	1985	1986	Variación (%)
Antimonio ... (1)	Sb	248	—	-100,0
Cinc ... (1)	Zn	234.695	233.307	- 0,7
Cobre ... (1)	Cu	60.960	51.084	- 16,2
Estaño ... (1)	Sn	637.007	296.254	- 53,5
Hierro ... (1)	Fe	2.925.848	2.760.856	- 5,6
Mercurio ... (3)	Hg	45.045,2	42.656,8	- 5,3
Oro ... (2)	Au	4.769	4.092	- 14,2
Pirita ... (1)	S	1.231.302	1.191.975	- 3,2
Plata ... (2)	Ag	194.096	172.955	- 10,9
Plomo ... (1)	Pb	85.636	82.057	- 4,2
Tántalo ... (2)	Ta <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.490	3.750	- 31,7
Wolframio ... (1)	WO <sub>3</sub>	577.692	624.266	+ 8,1
Otros min. metálicos* (1).	—	6.009	5.596	- 6,9

Unidades:

(1) 10<sup>3</sup> toneladas.

(2) Kilogramos.

(3) Frascos (1 frasco=34,47 Kg.).

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

\* Minerales brutos o preconcentrados tratados en otras explotaciones mineras.

Minerales metálicos	1985	1986	Variación (%)
Cinc ...	16.985.876	12.717.425	-25,1
Cobre ...	15.424.640	10.410.261	-32,5
Hierro ...	10.407.919	9.274.242	-10,9
Oro y plata (bullión) ...	9.685.356	7.462.751	-22,9
Pirita ...	6.924.454	7.115.777	+ 2,8
Plomo ...	4.530.782	3.275.339	-27,7
Mercurio ...	2.650.551	1.392.298	-47,5
Wolframio ...	686.948	447.026	-34,9
Estaño ...	1.166.308	286.888	-75,4
Tántalo ...	54.900	24.475	-55,4
Otros minerales metálicos* ...	685.490	306.643	-55,2
<b>TOTAL</b> ...	<b>69.203.224</b>	<b>52.713.125</b>	<b>-23,8</b>

Unidad: 10<sup>3</sup> ptas.

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

\* Minerales brutos o preconcentrados tratados en otras explotaciones mineras.

Como puede observarse en los cuadros citados, la casi totalidad de los minerales metálicos han experimentado durante 1986 un importante retroceso, tanto en peso como en valor.

El valor total de la producción minera metálica durante 1986 se elevó a unos 52.713 MP (unos 376 millones de dólares), lo cual supuso una disminución considerable del 23,8 por 100 respecto al año anterior. Los principales retrocesos se dieron en el estaño (75,4 por 100 de disminución respecto al año anterior), tantalita (55,4 por 100), mercurio (47,5 por 100), cinc (25,1 por 100) y metales preciosos (22,9 por 100).

En lo que concierne a las producciones físicas destaca el cierre temporal, durante 1986, de la única mina de antimonio española situada en el término municipal de Alburquerque (Badajoz), la disminución del 53,5 por 100 en la producción de estaño, del 31,7 por 100 en la de tantalita, del 16,2 por 100 en la de cobre, del 14,2 por 100 en la de oro y del 10,9 por 100 en la de plata.

El valor de la producción minera metálica española durante 1986 se repartió de la siguiente manera:

	%
Cinc ...	24,1
Cobre ...	19,7
Hierro ...	17,6
Oro y plata (bullión) ...	14,2
Pirita ...	13,5
Plomo ...	6,2
Mercurio ...	2,6
Wolframio ...	0,9
Estaño ...	0,5
Tantalita ...	0,1
Otros ...	0,6
<b>TOTAL</b> ...	<b>100,0</b>

#### MINERALES NO METALICOS

La producción española de minerales no metálicos durante 1986, y su comparación con la de 1985, se recoge en los cuadros adjuntos.

Minerales no metálicos	Contenido	1985	1986	Variación (%)
Andalucita ...	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.559	1.831	+ 17,4
Arcilla refractaria ...	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	171.464	209.035	+ 21,9
Asfalto ...	Betún	425	479	+ 12,7
Attapulgita ...	Mineral	59.697	67.820	+ 13,6
Barita ...	SO <sub>4</sub> Ba	63.625	46.605	- 26,8
Bauxita ...	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.010	—	-100,0
Bentonita ...	Mineral	90.239	114.972	+ 27,4
Caolín bruto ...	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.769	24.258	+176,6
Caolín lavado ...	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	116.050	114.680	- 1,2
Cuarzo ...	SiO <sub>2</sub>	247.151	557.483	+125,6
Espato-flúor ácido ...	F <sub>2</sub> Ca	258.561	250.374	- 3,2
Espato-flúor metalúrgico ...	F <sub>2</sub> Ca	31.140	22.404	- 28,1
Esteatita ...	Mineral	88.776	73.914	- 16,7
Estroncio ...	SO <sub>4</sub> Sr	39.100	31.740	- 18,8
Feldespatos ...	Mineral	136.190	135.526	- 0,5
Glauberita ...	SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	242.762	288.714	+ 18,9
Magnesita calcinada ...	MgO	145.838	148.289	+ 1,7
Mica ...	Mineral	727	325	- 55,3
Ocre ...	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.520	5.979	- 29,8
Piedra pómez ...	Mineral	849.440	968.116	+ 14,0
Sal gema ...	Mineral	2.160.356	2.100.813	- 2,8
Sal manantial ...	Mineral	52.010	89.876	+ 72,8
Sal marina ...	Mineral	1.027.383	916.055	- 10,8
Sales potásicas ...	K <sub>2</sub> O	658.863	701.953	+ 6,5
Sepiolita ...	Sep.	267.393	369.351	+ 38,1
Thernardita ...	SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	152.809	162.197	+ 6,1
Trípoli ...	SiO <sub>2</sub>	64.741	93.045	+ 43,7
Turba ...	Mineral	54.049	63.869	+ 18,2
Otros min. no metálicos* ...	Mineral	634.280	638.072	+ 0,6

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

Unidad: Toneladas.

\* Minerales brutos o preconcentrados tratados en otras explotaciones mineras.

Minerales no metálicos	1985	1986	Variación (%)
Sales potásicas	13.669.213	13.159.945	- 3,7
Glauberita	3.740.982	4.746.286	+ 26,9
Sepiolita	4.368.923	4.300.738	- 1,6
Magnesita calcinada	3.729.081	3.851.660	+ 3,3
Espato-flúor ácido	3.976.009	3.416.543	- 14,1
Sal marina	2.765.207	2.714.103	- 1,8
Caolín lavado	2.310.190	2.588.701	+ 12,1
Sal gema	2.143.312	2.039.930	- 4,8
Bentonita	1.135.564	1.202.343	+ 5,9
Cuarzo	277.423	1.013.478	+265,3
Esteatita	759.289	743.020	- 2,1
Attapulgita	588.157	691.566	+ 17,6
Arcilla refractaria	468.611	620.433	+ 32,4
Feldespató	531.992	582.212	+ 9,4
Barita	509.622	430.668	- 15,5
Estroncio	637.500	395.600	- 37,9
Thenardita	309.580	361.214	+ 16,7
Sal manantial	143.323	307.898	+114,8
Espato-flúor metalúrgico	359.839	281.369	- 21,8
Piedra pómez	228.541	267.985	+ 17,3
Ocre	131.981	221.328	+ 67,7
Trípoli	159.873	197.239	+ 23,4
Turba	122.480	155.208	+ 26,7
Caolín bruto	44.330	123.123	+177,7
Asfalto	48.197	43.887	- 8,9
Andalucita	21.999	35.119	+ 59,6
Mica	3.656	1.621	- 55,7
Bauxita	4.128	—	-100,0
Otros minerales no metálicos*	599.937	526.690	- 12,2
<b>TOTAL</b>	<b>43.788.939</b>	<b>45.019.907</b>	<b>+ 2,8</b>

Unidad: 10<sup>3</sup> ptas.

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

\* Minerales brutos o preconcentrados tratados en otras explotaciones mineras.

El valor de la producción de minerales no metálicos durante 1986 se elevó a unos 45.020 MP (unos 321 millones de dólares), lo cual supuso un incremento del 2,8 por 100 respecto al año anterior. El reparto del valor entre las principales sustancias durante dicho año fue el siguiente:

	%
Sales potásicas	29,2
Glauberita	10,5
Sepiolita	9,6
Magnesita calcinada	8,6
Espato-flúor ácido	7,6
Sal marina	6,0
Caolín lavado	5,8
Sal gema	4,5
Bentonita	2,7
Cuarzo	2,3
Otros	13,2
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>

Los principales incrementos en las producciones de minerales no metálicos durante 1986 fueron los siguientes: caolín bruto (176,6 por 100 de incremento en peso y 177,7 por 100 en valor respecto a 1985), cuarzo (125,6 por 100 en peso y 265,3 por 100 en valor), sal manantial (72,8 por 100 en peso y 114,8 por 100 en valor), trípoli (43,7 por 100 en peso y 23,4 por 100 en valor), bentonita (27,4 por 100 en peso y 5,9 por 100 en valor) y glauberita (18,9 por 100 en peso y 26,9 por 100 en valor). La sepiolita experimentó un incremento del 38,1 por 100 en peso y una disminución del 1,6 por 100 en valor.

Entre las sustancias que sufrieron durante 1986 una disminución importante, tanto en peso como en valor, respecto al año anterior pueden citarse las siguientes: bauxita (cierre temporal de esta minería), mica (55,3 por 100 de disminución en peso y del 55,7 por 100 en valor), estroncio (18,8 por 100 en peso y 37,9 por 100 en valor), espato-flúor metalúrgico (28,1 por 100 en peso y 21,8 por 100 en valor) y barita (26,8 por 100 en peso y 15,5 por 100 en valor).

### PRODUCTOS DE CANTERA

La producción española de productos de cantera es muy variada. Las explotaciones son, en general, de pequeña magnitud y se encuentran distribuidas por todo el terri-

torio español para atender las necesidades locales. El valor de la producción durante 1986 se elevó a unos 55.765 MP (unos 398 millones de dólares), lo cual supuso un incremento del 14,9 por 100 respecto al año anterior (ver cuadros adjuntos).

Productos de cantera	1985	1986	Variación (%)
Arcillas	9.597.652	9.243.582	- 3,7
Arenisca	2.274.235	2.619.912	+15,2
Basalto	3.955.860	3.476.131	-12,1
Caliza	74.173.405	77.050.761	+ 3,9
Créta	412.412	426.617	+ 3,4
Cuarcita	992.860	744.157	-25,0
Dolomía	2.196.331	2.191.866	- 0,2
Fonolita	558.988	593.374	+ 6,2
Granito	9.126.703	10.842.659	+18,8
Margas	5.043.070	5.325.631	+ 5,6
Mármol	798.405	955.238	+19,6
Ofita	1.224.965	1.049.662	-14,3
Pizarra	1.578.199	1.513.015	- 4,1
Pórfidos	794.724	715.391	-10,0
Serpentina	374.651	416.783	+11,2
Sílice y arenas silíceas	2.466.751	2.403.164	- 2,6
Yeso	5.524.511	5.062.941	- 8,4
Otros productos de canteras (*)	25.243.375	26.659.983	+ 5,6

Unidad: Toneladas.

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía.

(\*) Bajo esta rúbrica se recogen fundamentalmente las arenas y gravas naturales con destino a la construcción de aquellas explotaciones controladas por las Delegaciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía.

El reparto del valor de la producción entre las principales sustancias durante 1986 fue el siguiente:

	%
Caliza	38,7
Pizarras	13,3
Granito	10,3
Mármol	6,5
Yeso	3,5
Arcilla	3,2
Sílice y arenas silíceas	2,6
Otros	21,9
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>

Productos de cantera	1985	1986	Variación (%)
Caliza ... ..	19.272.346	21.601.025	+12,1
Pizarra ... ..	6.899.706	7.411.448	+ 7,4
Granito ... ..	4.433.910	5.737.133	+29,4
Mármol ... ..	2.428.056	3.627.953	+49,4
Yeso ... ..	1.896.896	1.956.523	+ 3,1
Arcilla ... ..	1.742.267	1.809.406	+ 3,9
Sílice y arenas silíceas ... ..	1.375.494	1.448.824	+ 5,3
Margas ... ..	852.473	989.332	+16,1
Dolomías ... ..	754.961	775.725	+ 2,8
Arenisca ... ..	667.558	731.986	+ 9,7
Basalto ... ..	506.693	536.755	+ 5,9
Ofita ... ..	525.073	494.129	- 5,9
Cuarcita ... ..	455.518	472.209	+ 3,7
Fonolita ... ..	187.756	244.439	+30,0
Pórfidos ... ..	183.829	222.107	+20,8
Serpentina ... ..	112.603	161.755	+43,7
Creta ... ..	123.236	123.844	+ 0,5
Otros productos de cantera ... ..	6.108.329	7.420.794	+21,5
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>48.526.704</b>	<b>55.765.387</b>	<b>+14,9</b>

Unidad: 10<sup>3</sup> ptas.

Fuente: Estadística Minera de España: Ministerio de Industria y Energía

Por sus posibilidades de exportación pueden destacarse las rocas ornamentales: pizarras, granito y mármol. Hay que subrayar el hecho de que las pizarras españolas ocuparon el primer lugar entre las sustancias minerales que se exportaron durante 1986.

#### COMERCIO EXTERIOR

Aunque ya se recogió en los aspectos generales de nuestro sector minero el comercio exterior español de minerales a nivel global, distribuido según los grandes subsectores mineros, se ofrecen ahora las importaciones y exportaciones españolas de aquellos minerales que, en 1986, superaron los 1.500 millones de pesetas (10,7 millones de dólares).

Entre las principales sustancias minerales que importó España, durante 1986, figuran: la hulla, 53.582 MP (383 M\$); fosfatos, 23.607 MP (169 M\$); mineral de hierro, 13.782 MP (98 M\$); mineral de cobre, 11.306 MP (81 M\$), y bauxita, 9.739 MP (70 M\$). Estas cinco sustancias significaron en dicho año el 70 por 100, en valor, del total de las importaciones españolas de minerales.

Los principales productos minerales exportados durante 1986 fueron los siguientes: pizarras, 8.589 MP (61 M\$); potasas, 5.952 MP (42 M\$); granito, 5.648 MP (M\$); sepiolita-attapulgita, 5.034 MP (36 M\$); mármol, 4.055 MP (29 M\$) y sulfato sódico, 2.946 MP (21 M\$). Estas seis sustancias significaron en dicho año el 53 por 100, en valor, del total de las exportaciones españolas de minerales.

#### IMPORTACIONES DE MINERALES (MP)

Minerales	1985	1986*	Variación (%)
Hulla ... ..	73.656	53.582	-27,3
Fosfatos ... ..	21.578	23.607	+ 9,4
Mineral de hierro ... ..	21.171	13.782	-34,9
Mineral de cobre ... ..	6.468	11.306	+74,8
Mineral de aluminio (bauxita) ... ..	13.267	9.739	-26,6
Minerales de metales preciosos ... ..	3.213	4.450	+38,5
Boratos naturales ... ..	2.997	3.202	+ 6,8
Mineral de molibdeno ... ..	3.540	2.808	-20,7
Mármol ... ..	1.889	2.774	+46,9
Coque y semicoque ... ..	2.794	2.601	- 6,9
Asbesto ... ..	2.845	2.575	- 9,5
Caolín ... ..	2.804	2.568	- 8,4
Magnesita calcinada ... ..	2.984	2.519	-15,6
Cenizas y residuos de cobre ... ..	2.439	2.226	- 8,7
Mineral de manganeso ... ..	3.090	2.069	-33,0
Granito ... ..	1.927	2.029	+ 5,3
Mineral de estaño ... ..	6.114	1.932	-68,4
Azufre ... ..	2.214	1.266	-42,8
Alúmina ... ..	1.130	1.084	- 4,1
Mineral de cromo ... ..	1.024	973	- 5,0
Mineral de cinc ... ..	1.517	941	-38,0
Mineral de plomo ... ..	1.370	906	-33,9
Ilmenita ... ..	1.381	832	-39,8
Resto de minerales ... ..	10.331	10.366	+ 0,3
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>191.743</b>	<b>160.137</b>	<b>-16,5</b>

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España: Dirección General de Aduanas.  
\* Datos provisionales.

#### EXPORTACIONES DE MINERALES (MP)

Minerales	1985	1986*	Variación (%)
Pizarras ... ..	8.381	8.589	+ 2,5
Potasas ... ..	8.727	5.952	-31,8
Granito ... ..	5.601	5.648	+ 0,8
Sepiolita - Attapulgita ... ..	4.672	5.034	+ 7,7
Mármol ... ..	3.176	4.055	+27,7
Sulfato sódico ... ..	2.472	2.946	+19,2
Espato-flúor ... ..	2.646	2.581	- 2,5
Cenizas y residuos de metales preciosos (Iodos electrolíticos) ... ..	2.417	2.325	- 3,8
Mineral de hierro ... ..	3.256	2.278	-30,0
Magnesita calcinada ... ..	2.446	2.189	-10,5
Mineral de cinc ... ..	3.464	2.171	-37,3
Mineral de cobre ... ..	2.841	2.111	-25,7
Yeso ... ..	1.791	2.021	+12,8
Caolín ... ..	1.035	1.267	+22,4
Sales sódicas ... ..	1.670	1.259	-24,6
Mercurio ... ..	1.379	975	-29,3
Resto de minerales ... ..	10.751	9.305	-13,4
<b>TOTAL ... ..</b>	<b>66.725</b>	<b>60.706</b>	<b>- 9,0</b>

Fuente: Estadística del Comercio Exterior de España: Dirección General de Aduanas.  
\* Datos provisionales.

**REPARTO AUTONOMICO DE LA MINERIA**

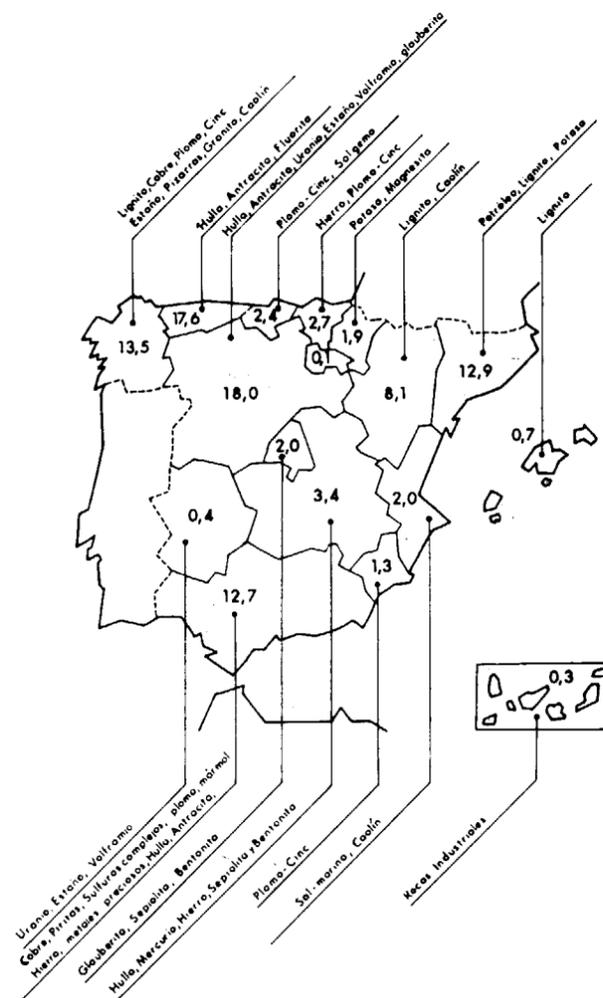
En cuadro adjunto se recoge la distribución del empleo y del valor de nuestro sector minero durante 1986 por autonomías. Se completa dicha información con un gráfico.

**DISTRIBUCION AUTONOMICA DEL EMPLEO Y DEL VALOR DE LA PRODUCCION MINERA (INCLUYENDO HIDROCARBUROS Y URANIO). AÑO 1986**

Comunidades	Empleo total	% sobre el total	Valor (10 <sup>3</sup> Pts.)	% sobre el total
Castilla-León	16.653	20,5	71.379.634	18,0
Asturias	29.141	35,9	69.719.539	17,6
Galicia	6.834	8,4	55.537.198	13,5
Cataluña	4.531	5,6	51.148.180	12,9
Andalucía	8.091	10,0	50.348.354	12,7
Aragón	4.520	5,6	32.081.020	8,1
Castilla-La Mancha	1.652	2,0	13.628.259	3,4
País Vasco	1.520	1,9	10.559.451	2,7
Cantabria	1.476	1,8	9.375.042	2,4
C. Valenciana	1.899	2,4	7.837.794	2,0
Madrid	892	1,1	7.821.891	2,0
Navarra	1.144	1,4	7.701.973	1,9
Murcia	1.094	1,3	5.254.921	1,3
Baleares	688	0,9	2.589.298	0,7
Extremadura	490	0,6	1.553.033	0,4
Canarias	342	0,4	1.168.839	0,3
La Rioja	114	0,2	443.642	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>81.081</b>	<b>100,0</b>	<b>396.148.068</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de la Estadística Minera de España.

**DISTRIBUCION AUTONOMICA DEL VALOR DE LA PRODUCCION MINERA - 1986 INCLUYENDO HIDROCARBUROS Y URANIO**



FUENTE: Estadística Minera de España (Porcentaje sobre el valor total)

**Proyectos-Tipo para la minería (\*)**

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, a través del Servicio de Desarrollo Minero, ha propiciado la realización de una nueva herramienta de ayuda al sector minero en el campo técnico, que ha venido a denominarse bajo el nombre genérico de Proyecto-Tipo. Se trata de un esquema o modelo de un estudio en un determinado campo del laboreo que a modo de guía práctica ayude a la ejecución de un proyecto desde un doble punto de vista: aspectos técnicos del problema que deben tenerse en cuenta y documentos básicos a presentar ante la Autoridad Minera.

En el año 1986, el Instituto Geológico y Minero de España adjudicó a la ASOCIACION DE INVESTIGACION DE TECNOLOGIA DE EQUIPOS MINEROS la elaboración de tres Proyectos-Tipo iniciales: Implantación y puesta en marcha de Tajos de Arranque Horizontales, con hundimiento del postaller; Ventilación, incluyendo minas con grisú y con propensión a los fuegos y, por último, Redes Eléctricas de interior, incluyendo minas con grisú y sin clasificar.

Cada Proyecto-Tipo prevé su tratamiento informático, para lo cual el documento consta de un libro-guía y de un disco flexible procesable por cualquier microordenador de uso frecuente hoy en día en las empresas españolas por pequeñas que éstas sean. En este disco flexible está contenido, y listo para ser reproducido por una impresora, el texto completo del Proyecto-Tipo, contemplando además las relaciones existentes entre las variables más importantes que intervienen en el tema, de tal manera que, una vez definidas éstas, el programa resuelve en parte el problema. Esta posibilidad, como más adelante se verá, abre un nuevo camino del máximo interés para la minería española, si el uso de este Proyecto se generaliza.

**ASPECTOS DE LOS PROBLEMAS A RESOLVER**

En la actualidad, la Autoridad Minera se enfrenta con problemas cuando las empresas presentan para su aprobación un Proyecto de Laboreo. Dependiendo normalmente del tamaño de la sociedad, se pueden presentar dos casos:

(\*) Servicio de Desarrollo Minero de la Dirección de Recursos Minerales del IGME.

El más frecuente, que se suele dar en la pequeña empresa, es que la extensión del estudio técnico del tema sea sumamente reducido, no pudiendo apreciarse por lo escueto de su desarrollo aspectos técnicos sustanciales que deberían haber sido explicitados para poder enjuiciar el Proyecto por parte del Organismo Administrativo que lo recibe. Puede caber la duda, incluso, de que algunos aspectos básicos de la cuestión, desde el punto de vista de la seguridad, hayan sido tenidos en cuenta en la ejecución del mismo.

Por el contrario, aun cuando el documento sea excesivamente extenso y minucioso, además de poder llegar a tener un volumen que lo hacen inmanejable a la hora de su correcto archivo, y de ser la lectura larga, muchas veces contiene anexos descriptivos de relativo interés a la hora de resolver el problema planteado, y sin embargo, y lo que puede llegar a ser peor, pasar por alto temas más importantes que podían haberse relacionado en el documento.

Por tanto, parece interesante para Administración y Administrados un documento-guía que marque las directrices a seguir para la ejecución correcta, necesaria y suficiente del Proyecto de aquellos temas que por su interés en atención a la seguridad minera, buen laboreo minero o frecuencia con que se presenta el mismo, puedan tener un adecuado tratamiento mediante un Proyecto-Tipo.

Según lo dicho anteriormente, parece que la aplicación a efectos de Policía Minera de Proyecto-Tipo, se limitaría a un índice de cuestiones y documentos a exigir al proyectista para la ejecución del estudio, pero esto no es así. Aparte de ser una guía práctica, no hay que olvidar que posee un programa de cálculo el cual una vez introducido en él los parámetros básicos que definen el problema, resuelve automáticamente los valores de las funciones que son necesario obtener para la determinación del mismo. Entonces, se pone en manos de los técnicos encargados de velar por la buena práctica minera, un instrumento que permite asegurar la idoneidad del Proyecto, a partir de los parámetros considerados, facilitando así la posibilidad de obtener un juicio técnico de una manera rápida y eficaz. Esta última consideración, habida cuenta de la acumulación de expedientes que pueden pro-

ducirse en las Jefaturas de Minas, en provincias de gran actividad en este sector, tiene una gran trascendencia en la práctica.

No obstante, todo lo dicho queda supeditado a que el uso del Proyecto-Tipo se generalice entre los mineros a la hora de realizar sus proyectos. No hay duda que a efectos de que esto se produzca, cabe la vía de la obligatoriedad de la Ley, con antecedentes en la CEE. Sin embargo, tal vez la dirección más adecuada sea que el propio técnico la implante por la utilidad intrínseca de la propia herramienta, único camino que en la actualidad se contempla en el Instituto Geológico y Minero de España.

Pasemos, pues, a estudiar qué problemática puede paliar en las firmas mineras este documento.

La mayor parte de la Minería española privada está integrada por empresas de tipo pequeño o medio, en las que los medios humanos están limitados al equipo imprescindible, con vistas a lograr una aceptable productividad. El hecho es que ingenieros y facultativos deben asumir, dada la dimensión de la empresa, todas las funciones necesarias para que la entidad tenga una marcha correcta, ejerciendo además de un trabajo técnico tan variado y complejo como es el laboreo de una mina, los aspectos financieros, comerciales, laborales, etc., de la sociedad. Esta situación conlleva un apretado quehacer diario, y un tiempo limitado para plasmar en el papel las hipótesis y soluciones adoptadas al diseñar y calcular una labor, una vez que éstas se deben presentar en un proyecto técnico para su posterior aprobación por la Autoridad Minera.

Pues bien, mediante el Proyecto-Tipo, además de la utilidad como guía de aspectos técnicos a tratar, el proyectista dispone por el disquete adjunto, de un texto ya impreso, que evitará unos tiempos de redacción y mecanografiado que pueden ser muy amplios, más, en aquellos casos que el tratamiento del problema lo aconseje y permita, de unos programas de cálculo, que redundará en que pueda dedicarse el director facultativo, únicamente a su verdadera misión técnica: el diseño y análisis de diversas soluciones, al evitarse en cada situación estudiada unos cálculos, muchas veces lentos y engorrosos. Para la mayor eficacia del Proyecto-Tipo bajo este punto de vista, los parámetros a medir por el técnico conviene que sean asequibles, es decir, que su medición no presuma estudios técnicos previos que por su extensión y costo los haga en el caso más general de difícil obtención. Por tanto, se pone a disposición del técnico, sin prácticamente costo, una tecnología eficaz de fácil práctica, que aunque no pueda resolver estudios particulares muy especializados, sí proporciona un tratamiento técnico más suficiente del problema.

#### EJEMPLO DE UN PROYECTO-TIPO: CIRCUITO DE VENTILACION PRINCIPAL

El proyecto sobre la ventilación en una mina, presenta en nuestra opinión el máximo interés para la ejecución de un Proyecto-Tipo por cuatro causas:

1. La seguridad, salubridad y ambiente climático de una explotación minera están muy ligados a un correcto dimensionado de la red de aire.
2. El estudio de la ventilación es necesario siempre que se abra una labor minera nueva de cierta importancia.
3. El Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus Instrucciones Técnicas Complementarias contiene una amplia base legal y prescripciones referentes a este tema, que son de obligado cumplimiento.
4. El conocimiento de la velocidad y el caudal presupone en buena parte de los casos una composición laboriosa de resistencias y caudales o bien la resolución de un sistema de ecuaciones obtenido por las leyes de Kirchoff de la ventilación.

Este Proyecto-Tipo, del cual se tiene ya un primer prototipo, se encuentra en estos momentos en fase de estudio para una implementación del mismo hasta el nivel que vamos a exponer más adelante. En la actualidad se ha obtenido el documento escrito y un programa informático, siendo este último el que se está ampliando para dar a este Proyecto-Tipo una mayor utilidad.

Pasamos a exponer el contenido del Documento, sin más que advertir que el apoyo para su resolución se encuentra en el Manual de Ventilación que próximamente será publicado por impulso de la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria y Energía.

Consta el documento de un primer capítulo en que se recogen los datos básicos de la mina, dirección técnica, grado de mecanización y clasificación respecto a fuegos y grisú.

Se pasa más adelante a especificar el objeto del Proyecto mediante un cuestionario para los posibles fines del mismo: cambio de ventilador, dilución de gases de la voladura, implantación de nuevos talleres mecanizados, etc.

A continuación se reseña la documentación necesaria para una completa definición de la situación actual de la ventilación: un plano de ventilación, un esquema del circuito mediante una simbología especificada en el documento, y aforos y controles recogidos en el Libro de Ventilación en el último año. El Proyecto en este apartado, como en todo él, se ramifica en las diversas posibles situaciones, o sea, en este mismo apartado existe una opción de que sea una nueva mina o nueva sección de una explotación existente.

Se cierra este capítulo con descripción de la situación futura con un tratamiento en cuanto a documentación a adjuntar y situaciones posibles, similar a la descrita en el párrafo anterior.

Se aborda en el capítulo 2 del Proyecto, el cálculo de caudales de aire necesarios para la correcta ventilación de la explotación. En este punto se estudian tres posibles casos: mina en general, mina de carbón y mina con riesgo de explosión de grisú, solicitándose al proyectista que en la minería de carbón compruebe la exigencia

reglamentaria de que la velocidad en cualquier punto sea mayor que 0,2 m/s., exigiéndose en el tercer supuesto de más riesgo el cálculo del contenido de grisú en los talleres y galerías de retorno, en función del desprendimiento de metano por tonelada de carbón medido o estimado, y el coeficiente de irregularidad del desprendimiento; siendo los contenidos de grisú calculados conforme a lo estipulado reglamentariamente.

La forma de proceder en las minas en general es el cálculo siguiendo el método clásico de agregar los caudales necesarios, por operarios, semovientes, motores diesel, polvo en suspensión en función del clima y otros caudales que no recorren las explotaciones. En el caso de mina con riesgo de explosión de grisú, se estima en Proyecto-Tipo el caudal necesario para diluir en grisú en cada taller mediante la expresión:

$$Q = \frac{0,8 \text{ i.P.S.}}{864 \text{ t}}$$

donde Q=caudal en m<sup>3</sup>/seg.

i=coeficiente de irregularidad.

P=producción en tb/día.

S=caudal de desprendimiento en m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tb.

y t=un valor en función del contenido máximo de grisú admisible, según las condiciones expuestas en el Reglamento por seguridad instalada y clasificación de la mina.

En este último supuesto, el caudal necesario para la dilución del grisú, se compara con el obtenido anteriormente por el método clásico para una mina en general, tomándose el mayor de ellos.

Por último, se estima el caudal preciso para efectuar el disparo de explosivo con personal en la mina a horarios no establecidos, comprobando si el caudal del circuito principal en que se diluye es suficiente, o bien si hay que incrementar la cantidad de aire.

El capítulo 3 comprende el cálculo del orificio equivalente y el de las resistencias de la mina. Para la resolución de este problema el Proyecto-Tipo tiene la posibilidad de cálculo de resistencias en los ramales según un programa incorporado al disquete, estando previsto la inclusión de otro programa para resolución completa de la red de ventilación con la obtención de la resistencia total de la mina. No obstante, existe la opción del cálculo de resistencias por el proyectista, mediante la asigna-

ción de valores en la expresión  $R = 15,6 \lambda \frac{PL}{S^3}$ , así como

la resolución de la red mediante programa propio o como ejecución manual, siendo en la expresión anterior:

R=resistencia en murgues.

P, L y S=perímetro, longitud y sección del conducto en metros.

$\lambda$ =coeficiente de frotamiento.

Por tanto, una vez evaluada la resistencia de la mina, y determinado anteriormente el caudal de ésta, tendremos el orificio equivalente, así como la depresión necesaria a suministrar por el ventilador o ventilación natural. En definitiva queda resuelta la curva característica de la mina.

En el capítulo 4 se determina la fuerza aeromotriz natural. El Proyecto-Tipo en este apartado, como en todos, da la posibilidad de elegir entre distintas situaciones: mina con ventilación natural, con ventilación mixta, etc.

En este punto en definitiva, se calcula en las diferentes estaciones del año, en base a las temperaturas de entrada y salida de la mina, y la diferencia de alturas de las columnas del aire entrante y saliente, el valor de la depresión atmosférica producida por la ventilación natural.

El capítulo 5 se dedica al cálculo de la red y punto de funcionamiento de los ventiladores. En este apartado se espera que el nuevo programa del que se habla al describir el capítulo 3, resuelva el problema completamente al facilitar caudales y velocidades del aire en los ramales, así como las pérdidas de carga entre los nudos de la red. Es evidente que conocida ésta, estarán determinados los caudales de los ventiladores y por tanto su punto de funcionamiento.

Se destina el capítulo 6 del Proyecto-Tipo a la definición de las características de los ventiladores principales, a su forma de instalación y a sus condiciones de servicio. Se hace en este último punto distinción entre las exigencias reglamentarias para minas en general, de carbón y con riesgo de explosión de grisú en cuanto a condiciones de vigilancia, y aparatos de medida y control existentes.

Por último en el capítulo 7, se solicita al proyectista la disposición interna sobre el régimen de marcha, arranque y parada de los ventiladores principales, en cumplimiento de la Instrucción Técnica Complementaria 04.7.03, reservándose el Capítulo 8 para Anexos.

Se indica, finalmente, que existe la opción de poder almacenar en el ordenador para su posterior uso, tanto las bases de datos utilizadas en cada caso, como los Proyecto-Tipo realizados.

## Noticias

### IX REUNION DE GEOLOGIA Y MINERIA DEL NO PENINSULAR

Los pasados días 19, 20 y 21 de noviembre se han desarrollado en el Laboratorio Xeológico de Laxe, en O Castro (La Coruña), la IX Reunión de Geología y Minería del NO peninsular. A esta reunión, que tiene un carácter anual, asisten habitualmente un centenar de técnicos e investigadores, que desarrollan su actividad en diversos campos de la Geología y Minería y que tienen en común el trabajar en el sector noroccidental de la Península Ibérica.

En la sesión inaugural tuvo lugar un emotivo acto de homenaje al geólogo José G. de Pablo Maciá, fallecido el pasado 11 de agosto, en un desgraciado accidente de montaña en los Pirineos y que ha sido uno de los impulsores de estas reuniones desde su inicio. A este homenaje se adherieron numerosas Universidades que han trabajado tradicionalmente en este área (Oviedo, Complutense, Salamanca, Nancy). También el IGME ha aportado su respeto y consideración a una persona que ha participado en la mayor parte de los proyectos de investigación geológica que el Instituto ha desarrollado en Galicia en los últimos diez años, dedicándose el volumen núm. 101 de la Colección Memorias, titulado «Las Rocas Graníticas Hercínicas del N de Galicia y Occidente de Asturias», estudio en el que José G. de Pablo jugó un papel activo y protagonista.

### IV SEMINARIO DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Durante los días 2, 3, 4, 5 y 6 de noviembre se desarrolló en Cistierna (León) el IV Seminario de Geología Estructural dedicado al tema de «Mantos y Cabalgamientos, geometría y cinemática».

Asistieron al mismo 30 técnicos del IGME y de empresas especializadas que trabajan en el Programa MAGNA. A lo largo de cinco días se desarrollaron sesiones teóricas y prácticas de campo visitando dos de los mantos mejor conocidos de la Cordillera Cantábrica, el Manto del Esla

### REUNION SOBRE TECTONICA-SEDIMENTACION EN CUENCAS DE ANTEPAIS RELACIONADAS CON EL EMPLAZAMIENTO DE MANTOS

Durante los días 6, 7 y 8 de noviembre tuvo lugar en la Cordillera Cantábrica (Asturias, León y Santander) una reunión de campo de veinte investigadores de la Universidad Central de Barcelona, Servei Geologic de Catalunya, Universidad de Oviedo e IGME, para observar y discutir aspectos sedimentológicos y tectónicos relacionados con el

En las sesiones científicas se presentaron dos comunicaciones por parte de investigadores de la División de Geología del IGME:

- La estratigrafía del Carbonífero y la estructura de la Zona Palentina (Pisuerga-Carrión), NO de España, por L. R. Rodríguez Fernández y N. Heredia.
- Las metavulcanitas del Dominio Esquistoso de Galicia - Tras-os-Montes: Petrografía, Geoquímica y ambiente geotectónico (Galicia, NO de España), por G. Gallástegui, L. R. Rodríguez Fernández y otros.

En el marco de las actividades de la reunión se realizó un «poster» informativo sobre la labor desarrollada en el proyecto de «Estudio petrológico y geoquímico de las rocas graníticas del N de Galicia» y se presentó el volumen núm. 101 de la Colección Memorias del IGME, que recoge los resultados del proyecto.

Por último, se eligió la Comisión Ejecutiva del Grupo de Geología del NO peninsular, siendo elegidos: Ricardo Arenas (Univ. Complutense), Guillermo Corretgé (Univ. de Oviedo) y Roberto Rodríguez (IGME) y se acordó el tema de la X Reunión a celebrar en 1988: «Paleovulcanismo prealpino del Macizo Hespérico y mineralizaciones asociadas».

y el Manto del Ponga, así como diversas áreas con sedimentos sinorogénicos relacionados con el emplazamiento de estos mantos. Para su desarrollo se distribuyeron a los participantes un texto-guía y una guía de campo. El curso fue impartido por los profesores del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, Juan Luis Alonso y Fernando Bastida y por los técnicos de este Instituto Nemesio Heredia y Roberto Rodríguez.

emplazamiento de mantos, durante el Carbonífero, en la Cordillera Cantábrica.

En esta reunión actuaron como monitores y guías de la excursión tres miembros de la División de Geología del IGME (Roberto Rodríguez, Nemesio Heredia y Pedro Barba), que mostraron las relaciones geométricas entre man-

tos y sedimentos sinorogénicos en la parte oriental de la Cordillera Cantábrica (Liébana y áreas de Riaño y Valdeburón), área donde el equipo de la División de Geología del IGME desarrolla su labor investigadora en el marco del Programa MAGNA.

Se acordó que en el otoño de 1988, un equipo de la Universidad Central de Barcelona y del Servei Geologic de Catalunya muestre esta misma problemática en el sector centro-oriental del Pirineo, organizando una reunión de campo para tal fin.

### PROGRAMA DE ACTIVIDADES DE FORMACION PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA (Primer Avance 1988)

#### CURSOS

##### Febrero 8-12

- 1.º CURSO DE SEDIMENTOLOGIA APLICADA A LA EXPLORACION DE RECURSOS MINERALES.
- Director: Don Vicente GABALDON LOPEZ. (División de Geología).

##### Febrero-Junio

- 21.º CURSO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA.
- Director: Don Rafael FERNANDEZ RUBIO. (ETSIM - UPM).

##### Abril 25-27

- 1.º COLOQUIO SOBRE GEOQUIMICA APLICADA A LA PROSPECCION MINERA.
- Director: Don Juan SANCHEZ DE LA FUENTE. (División Recursos Minerales).

##### Octubre 8-14

- 1.º CURSO DE PETROLOGIA (1.º Seminario sobre VOLCANISMO).
- Tema: MAGMATISMO.
- Director: Don Lucas-Amado CUETO PASCUAL. (División de Geología).

##### Junio 13-17

- 2.º CURSO DE RIESGOS GEOLOGICOS.
- Director: Don Francisco J. AYALA CARCEDO. (División de Geotecnia).

##### Noviembre 21-25

- 1.º CURSO DE GEOLOGIA APLICADA A LA ORDENACION DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE.
- Director: Don Francisco J. AYALA CARCEDO. (División de Geotecnia).

#### CONFERENCIAS

##### Enero

- 1.º Tema: GEOLOGIA DE LA CUENCA DE MADRID.
- Ponente: Don Juan MENDUINA FERNANDEZ. (División de Recursos Minerales).

##### 2.º Tema:

- UN MODELO DE RELACION ENTRE TECTONICA Y SEDIMENTACION. LA CUENCA DE ANTEPAIS SURPIRENAICA.
- Ponente: Don Antonio BARNOLAS CORTINA. (División de Geología).

##### Febrero

- 3.º Tema: ESTRONCIO, MINERALES Y YACIMIENTOS.
- Ponente: Don Javier RUBIO NAVAS. (División de Recursos Minerales).

##### Marzo

- 4.º Tema: RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS YACIMIENTOS DE ORO ASOCIADOS A VOLCANISMO RECIENTE (Tipo colorado) Y LOS SISTEMAS «ORO ALTA-ALMUNIA» ANTIGUOS DE LA CADENA DE LOS APALACHES (U.S.A.).
- Ponente: Don Pablo GUMIEL MARTINEZ. (División de Recursos Minerales).

##### Abril

- 5.º Tema: DATACIONES ABSOLUTAS.
- Ponente: Don Jesús GARCIA GARZON. (División de Geología).

##### Mayo

- 6.º Tema: PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS EN GEOLOGIA AMBIENTAL.
- Ponente: Don Francisco J. AYALA CARCEDO. (División de Geotecnia).

##### Junio

- 7.º Tema: METODOLOGIA EN EL ESTUDIO DE LA INTRUSION MARINA EN LOS ACUIFEROS COSTEROS. SITUACION ACTUAL EN ESPAÑA.
- Ponente: Don Juan Antonio LOPEZ GETA. (División de Aguas Subterráneas).

##### Octubre

- 8.º Tema: NUEVAS IDEAS SOBRE LA EVOLUCION GEODINAMICA DEL MACIZO IBERICO DURANTE EL PALEOZOICO.
- Ponente: Don Cecilio QUESADA OCHOA. (División de Geología).

##### Noviembre

- 9.º Tema: EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LA CORDILLERA CANTABRICA DURANTE EL CARBONIFERO: APLICACIONES A LA INVESTIGACION DE NUEVAS AREAS CARBONIFERAS PRODUCTIVAS.
- Ponente: Don Roberto RODRIGUEZ FERNANDEZ. (División de Geología).

##### Diciembre

- 10.º Tema: UTILIZACION DE LAS TECNICAS EN LAS PROSPECCIONES DEL IGME Y SUS RESULTADOS.
- Ponente: Don Juan L. PLATA TORRES. (División de Geofísica).

## MANUAL DE EDAFOLOGIA

Título original de la obra: *Abrégé de Pédologie*.  
 Autor: Philippe Duchaufour.  
 Editado por: Masson, S. A. París.  
 Para la edición española: Masson, S. A. Barcelona.  
 Versión española de los doctores María Tarzy Carballas  
 Fernández y Modesto Carballas Fernández.  
 Primera edición: Junio 1987.  
 Un volumen de 214 págs.+VIII; 71 figuras.  
 ISBN: 84-311-0419-8.  
 Depósito legal: B-16.623-1987.  
 Impreso en España por Graffing.  
 Precio del ejemplar: 2.460+IVA.

Tanto al autor como al editor les ha parecido oportuno presentarnos en una forma condensada una síntesis tan completa como fuera posible, de la ciencia del suelo en sus aspectos teóricos y prácticos, por lo que interesa esta obra tanto a los estudiosos del medio natural (geólogos, geomorfólogos, geógrafos, ecólogos y biólogos) como a los que se preocupan de la conservación y exploración del suelo (agrónomos, silvicultores, especialistas en la ordenación del territorio, etc.). Todos ellos encontrarán en este manual los conceptos más modernos de la edafología presentados de una manera sencilla y concisa, excluyendo, tanto el lenguaje exotérico como las fórmulas matemáticas complicadas, pero siempre con el rigor científico y claridad características del autor.

## ESTUDIO SOBRE EL BALNEARIO DE FORTUNA

Memoria núm. 13, de la serie editada por la Real Academia de Farmacia del Instituto de España. Madrid, 1987, 66 págs.

La comisión para el estudio de los manantiales minero-medicinales, presidida por el académico López de Azcona, ha publicado la memoria sobre el grupo de manantiales de Fortuna. Los capítulos y sus autores son: J. M. López de Azcona, el titulado «Consideraciones sobre el balneario», y trata de la geografía, historia, sismología, establecimiento balneario y comentarios analíticos. M. C. de la Rosa, M. A. Mossi, F. Díaz, J. A. Castellanos, M. L. García-

La obra se estructura de la siguiente forma:

- Primera parte:* Los constituyentes del suelo y su origen.  
 Cap. 1.—Fracción mineral.  
 Cap. 2.—Fracción orgánica.  
*Segunda parte:* Propiedades globales del suelo.  
 Cap. 3.—Organización de las partículas: estructura, aireación.  
 Cap. 4.—El suelo y el agua.  
 Cap. 5.—Temperatura del suelo y edafoclima.  
 Cap. 6.—Complejo absorbente y pH del suelo.  
 Cap. 7.—Fertilidad mineral del suelo.  
*Tercera parte:* Edafogénesis y clasificación de los suelos.  
 Cap. 8.—Evolución de los suelos: factores y procesos.  
 Cap. 9.—Sistemática de suelos.  
 Cap. 10.—Suelos poco evolucionados.  
 Cap. 11.—Suelos con alteración bioquímica predominante.  
 Cap. 12.—Suelos con edafoclima contrastado.  
 Cap. 13.—Suelos con alteración geoquímica predominante.  
 Cap. 14.—Suelos ligados a las condiciones físico-químicas de la estación.  
*Cuarta parte:* Edafología aplicada.  
 Cap. 15.—Cartografía de los suelos y de las estaciones.  
 Cap. 16.—Aplicación a la explotación de los suelos.

No queremos cerrar estas líneas sin destacar la cuidada traducción de los Dres. María T. Carballas y M. Carballas del equipo del Profesor Guitián Ojea, de la Universidad de Santiago.—L. A.

Arribas, se refieren a la microbiología de los manantiales. F. García Puertas, M.<sup>a</sup> E. Torrija Isasa, M. T. Orzaez Villanueva, F. Plaza Piñol exponen los análisis fisicoquímicos de las aguas. R. Vela Guillén trata de las afecciones reumáticas y de las vías respiratorias. L. J. Alias Pérez estudia los suelos de los alrededores de los baños. Finaliza con el capítulo de J. Gómez de las Heras, referente a la geología e hidrogeología de la zona.

La mencionada comisión tiene en prensa la memoria número 14, de Arnedillo, y en preparación la núm. 15, de Caldas de Bohi.—L. A.

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA GENERAL

871034. **La teledetección permite un mejor estudio de la Tierra.** GALINDO, P., y BOSCH, C.  
*Comunidad Europea* (1987), núm. 230, 14-16, esp., bibl. IGME.  
 \* Teledetección, Método satélite, Tratamiento dato.

### GEOLOGIA REGIONAL

871126. **Itinerarios geológicos de la provincia de Albacete.** LOPEZ ROS, J., y MORA MORENO, J.  
*Al-Basit, Rev. estud. albacetenses* (1987), núm. 20, 105-168, 12 ref., esp., bibl. IGME.  
 \* Libro guía, Excursión, Itinerarios, Geología regional, Provincia Albacete.

### ESTRATIGRAFIA

871014. **Características mineralógicas y geoquímicas de las pizarras de la vertiente meridional de la Zona Cantábrica, NO de España.** GUTIERREZ CLAVEROL, M., y TAMARGO, J. L.  
*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 82-99, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
 \* Pizarra, Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero, Escala estratigráfica, Arcilla mineral, Composición mineralógica, Análisis químico, Illita, Caolinita, Cristalinidad, Polimorfismo, Dato ATD, Dato ATG, Provincia León.

871026. **Límite Mioceno-Plioceno en la provincia de Jaén (España).** DIAZ ESTEVEZ, M. G.; PARRA, A., y BENOT, C.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 125-137, 33 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Mioceno sup., Plioceno inf. Límite estratigráfico, Fauna foraminíferos, Taxón planctónico, Bioestratigrafía, Provincia Jaén.

871027. **El Cretácico medio en la ladera occidental de la Sierra de Javalambre, Cordillera Ibérica.** CARENAS, B.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 139-146, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Cenomanense, Albense, Uraconiense, Corte geológico, Litofacias, Macizo Ibérico, Provincia Valencia.

871031. **Asociaciones de piritas fósiles y microorganismos de pared orgánica del Proterozoico, en las facies esquistograuváquicas del norte de Cáceres. Consecuencias regionales.** LINAN, E., y PALACIOS, T.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 211-232, 52 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Ichnites, Palinomorfa, Proterozoico sup., Sedimentación glaciomarina, Medio glaciomarino, Conglomerado, Discordancia erosiva, Variación nivel, Transgresión, Hercínico Centro, Provincia Cáceres.

### GEOMORFOLOGIA

870708. **Los conjuntos geomorfológicos de la cuenca del río Guadalentín.** NAVARRO, F.

Univ. Murcia, Dep. Geogr. Fís.

*Estudios sobre Geomorfología del Sur de España*, 109-112, 8 ref., esp., bibl. IGME.

\* Divisoria de aguas, Superficie erosión, Morfología disolución, Solifluxión, Periglaciario, Abanicos fluviales, Fosa tectónica, Cabalgamiento, Neotectónica, Provincias Murcia, Almería.

870710. **Formas kársticas en los yesos de Sorbas.** PULLIDO, A., y CALAFORRA, J. M.

Univ. Murcia, Dep. Geogr. Fís.

- Estudios sobre Geomorfología del Sur de España*, 115-119, 12 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Yeso, Karst, Morfología de disolución, Depresión, Dolina, Provincia Almería.
870713. **La fosa del Tajo: una unidad morfoestructural en la Submeseta Sur.** TELLO, B.  
Univ. Murcia, Dep. Geogr. Fís.  
*Estudios sobre Geomorfología del Sur de España*, 131-135, 2 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Depresión, Relieve estructural, Red hidrográfica, Neotectónica, Cuenca Tajo.
870714. **Quaternary erosional and depositional landform in Southeast Spain.** HARVEY, A. M.  
Univ. Murcia, Dep. Geogr. Fís.  
*Estudios sobre Geomorfología del Sur de España*, 137-139, 8 ref., ing., bibl. IGME.  
\* Regolita, Abanicos fluviales, Geomorfología, Neotectónica, Pleistoceno, Holoceno, Provincias Murcia, Alicante, Almería.
870721. **Geomorfología glaciar de la Sierra Cebollera, Sistema Ibérico.** ORTIGOSA, L. M.  
*Inst. Estud. Riojanos*, 77 pp., 60 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Tesis, Morfología glaciar, Erosión glaciar, Depósito glaciar, Mapa geomorfológico, Morrena, Till, Glaciar rocas, Periglaciario, Macizo Ibérico.
870783. **Erosión hídrica en la vertiente mediterránea andaluza: El caso de la Sierra de la Contraviesa.** MARTINEZ MARTINEZ, F.  
*Cuad. geogr. Univ. Granada*, núm. 9, 151-186, 58 ref., esp., res. fr., ing., bibl. IGME.  
\* Erosión suelo, Proporción material erosionado, Micasquisto, Roca carbonatada, Clima, Granulometría, Pendiente ladera, Provincia Granada, Sierra Nevada, Zona Bética.
870784. **Estimación cuantitativa de los procesos erosivos en la cuenca del río Verde, Almuñécar, Granada.**  
*Cuad. geogr. Univ. Granada*, núm. 10, 97-116, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Geomorfología cuantitativa, Río, Divisoria aguas, Erosión suelo, Proporción material erosionado, Erosión fluvial, Erosión eólica, Talud, Clima, Provincia Granada.
870785. **El paisaje físico y la morfología del valle del río Monachil.** MARTIN-VIVALDI, M. E.  
*Cuad. geogr. Univ. Granada*, núm. 10, 117-155, 50 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.  
\* Valle, Río, Forma del lecho, Morfología fluvial, Morfología glaciar, Karst, Periglaciario, Divisoria aguas, Talud, Clima, Caudal río, Regresión estadística, Provincia Granada, Sierra Nevada, Zona Bética.
870786. **Aproximación al estudio de la influencia del clima en la erosión. El caso de la Alpujarra Alta granadina.** GOICOCHEA, M.  
*Cuad. geogr. Univ. Granada*, núm. 11, 153-181, 23 ref., esp., res. ing., fr., bibl. IGME.  
\* Clima, Erosión suelo, Resistencia a la erosión, Precipitación atmosférica, Metodología, Provincia Granada, Alpujarras.
870799. **Rasgos generales del periglaciario de la Península Ibérica y áreas insulares. IV y V. Dominio Pirenaico y dominio subtropical de las Islas Canarias.** GONZALEZ MARTIN, J. A.  
*Munibe*, vol. 38, 133-154, 58 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Periglaciario, Suelo, Estructura poligonal, Brecha, Derribio, Coluvión, Gelivación, Soliflujión, Pleistoceno reciente, Wurm, Pirineos españoles, Canarias.
870907. **Evolución de laderas: un modelo de simulación.** SANCHEZ SAN ROMAN, F. J.  
*Rev. mat. proc. geol.*, vol. 4, 29-45, 7 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Ladera, Erosión, Simulación, Programa ordenador.
870913. **Estudio geomorfológico de las formaciones detriticas terciarias sitas al N de la Cuenca del Tajo. Zona I: Valdemorillo-Torrelaguna (Madrid).** GONZALEZ MARTIN, J. A., y ASENSIO, I.  
*Rev. mat. proc. geol.*, vol. 4, 159-183, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Roca clástica, Terciario, Corte geológico, Granulometría, Histograma, Geomorfología, Provincia Madrid.
871017. **Determinación de procesos litorales en playas de arenas según el contraste de los valores granulométricos.** MARTINEZ, J.  
*Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* (1986), vol. 3, núm. 3, 17-22, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Medio litoral, Playa, Arena, Granulometría, Corriente litoral, Erosión litoral, Acreción, Sedimentación eólica, Duna costera, Canarias, Isla Gran Canaria.
871028. **Nota sobre nuevos focos glaciares detectados en la Serranía de Nolla (NO del Sistema Ibérico, España).** ORTEGA, L. I., y CENTENO, J. D.  
*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 147-150, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Morfología glaciar, Circo glaciar, Morrena, Macizo Ibérico, Provincia Burgos.
871039. **Cálculo del valor relativo de la erosión en cuencas de pequeño tamaño.** JARDI, M.  
*Cuad. invest. geogr.* (1986), vol. 12, núm. 1-2, 3-10, esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Erosión fluvial, Proporción material erosionado, Morfología fluvial, Ecuación matemática, Metodología, Provincia Barcelona.
871040. **Dinámica erosiva del Piping: Un ejemplo en la Depresión del Ebro.** GRACIA PRIETO, J.  
*Cuad. invest. geogr.* (1986), vol. 12, núm. 1-2, 11-24, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Erosión fluvial, Socavón, Suberosión, Morfodinámica, Acción hombre, Cuenca Ebro.
871041. **Génesis del modelado tipo mallo.** BENITO FERREZ, G.  
*Cuad. invest. geogr.* (1986), vol. 12, núm. 1-2, 25-37, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Conglomerado, Eoceno, Morfodinámica, Fracturación, Alteración meteórica, Erosión, Morfología, Provincia Huesca.
871042. **Geomorfología de la región Albalate de Candasnos (Prov. de Huesca).** SANCHO MARCEN, C.  
*Cuad. invest. geogr.* (1986), vol. 12, núm. 1-2, 39-58, 29 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Glacis, Terraza, Costra calcárea, Morfología erosión, Plioceno, Cuaternario, Provincia Huesca.

---



---

**CUATERNARIO**


---



---

870797. **Evolución geomorfológica de los depósitos aluviales de las cuevas de Irtegui y Artzen-Koba (Valle del río Aránzazu, Oñati, Guipúzcoa).** GONZALEZ, J. A.; UGARTE, F. M., y LOPEZ AZCONA, C.  
*Munibe*, vol. 38, 15-39, 23 ref., esp., res. ing., baq., bibl. IGME.  
\* Caverna, Karst, Caliza, Morfología disolución, Mapa cavernas, Geomorfología, Cuaternario, Sedimentos, Granulometría, Histograma, Canto rodado, Morfoscopía, Propiedad física, Provincia Guipúzcoa.
870798. **Las brechas calcáreas en Aralar. Su situación, características y significación dentro de la secuencia estratigráfica Cuaternaria.** LOPEZ AZCONA, C.; GUENDON, J. L., y UGARTE, F. M.  
*Munibe*, vol. 38, 41-51, esp., res. baq., ing., bibl. IGME.  
\* Cuaternario, Brechas, Roca carbonatada, Estructura sedimentaria, Geomorfología, Provincia Vizcaya.
870900. **Paleolítico superior a Vallbona d'Anoia.** VAE-LLO, J.  
*Buill. Cent. Estud. Nat. Barc. Nord.*, vol. 2, núm. 2, 93-94, 5 ref., cat., res. esp., bibl. IGME.  
\* Paleolítico, Util prehistórico, Sílex, Provincia Barcelona.
- 
- 
- GEOLOGIA MARINA**
- 
- 
871018. **Estudio del ciclo del nitrógeno en la bahía de Santander.** CHEREGUINI, M. O.  
*Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* (1986), vol. 3, núm. 3, 23-40, 30 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Estuario, Nitrógeno, Bacteria, Sedimento, Granulometría, Carbono orgánico, Atlántico Nordeste, Golfo de Gascuña, Provincia Santander.
- 
- 
- GEOLOGIA DEL INGENIERO**
- 
- 
871033. **1987: El medio ambiente será la vedette.** BAUMANN, A.  
*Comunidad Europea* (1987), núm. 230, 11-13, esp., bibl. IGME.  
\* Programa, Cooperación internacional, Protección medio ambiente, Europa.

871053. **La incidencia ambiental de la energía y sus costos.** ESTEVAN BOLEA, M. T.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 187-200, esp., bibl. IGME.  
\* Estudio impacto medio, Central eléctrica, Contaminación, Protección medio ambiente, Coste, España, Europa Oeste.
871055. **Incidencia ambiental de la minería no energética.** ESTEVAN BOLEA, M. T.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 227-239, esp., bibl. IGME.  
\* Estudio impacto medio, Mina, Metal sustancia, Desagüe mina, Desagüe mina ácida, Contaminación, Agua, Protección medio ambiente, Legislación España, CEE.
871101. **Acciones para la protección de la zona del Mediterráneo 1975-1985.** ROS, J., y TEJERO, A.  
*Dirección Gral. Medio Ambiente. MOPU*, 171 pp., esp., bibl. IGME.  
\* Informe actividad, Institución, Protección medio ambiente, Medio litoral, Andalucía, Baleares, Cataluña, Región valenciana, Murcia, Mar Mediterráneo Oeste.
871108. **Manual de taludes.** IGME.  
*División de Geotecnia, IGME* (1987), 456 pp., esp., bibl. IGME.  
\* Manual, Talud, Deslizamiento terreno, Estabilidad ladera.
- 
- 
- PALEONTOLOGIA: INVERTEBRADOS**
- 
- 
870895. **El yacimiento Pliocénico de la Riera de Siurana, Alt Empordá.** VICENTE CASTELLS, J.  
*Buill. Cent. Estud. Nat. Barc. Nord.*, vol. 2, núm. 2, 51-52, 2 ref., cat., res. esp., bibl. IGME.  
\* Yacimiento fosilífero, Fauna gasterópodos, Fauna pelecípodos, Plioceno, Provincia Gerona.
870897. **La Paleontología a Catalunya. El Pliocénico marino.** CABANAS, J.  
*Buill. Cent. Estud. Nat. Barc. Nord.*, vol. 2, núm. 2, 61-80, 39 ref., cat., res. esp., bibl. IGME.  
\* Mesogastropoda, Neogastropoda, Arcina, Pectinacea, Ostrea, Venerida, Hexacoralla, Scaphopoda, Plioceno, Cataluña.
870901. **Precisiones sobre los trilobites del arroyo del Acebrón, Ventas con Peña Agullera, Toledo.** RABANO, I.  
*Col-Pa*, núm. 40, 9-17, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.  
\* Yacimiento fosilífero, Phacopida, Ptychopariida, Odonotopllurida, Redlichiiida, Corynexochida, Agnostida, Lichida, Diversidad especie, Pizarra, Llanvirniense, Provincia Toledo.
871008. **Revisión de la colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España.** Addenda. PEREJON, A.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 23-26, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Revisión, Taxonomía, Arqueociatos, Colección, Museo, IGME, España.

871019. **Lythoceratidae, Ammonoidea, del Lías medio de la Zona Subbética.** BRAGA, J. C.; JIMENEZ, A. P., y RIVAS, P.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 5-23, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Litoceratida, Taxinomia, Diversidad especie, Enrollamiento concha, Sutura, Biostratigrafía, Paleogeografía, Carixiense, Domeriense, Pliensbaquiense, Zona Bética, Zona Subbética.

871021. **Actualización de la sistemática de Almera y Bofill 1894 para los moluscos pliocénicos del bajo Llobregat y llano de Barcelona. 9.ª parte: Suborden Oligodontida (IV). Superfamilia Cardiacea (p.p.). Orden Septibranchida.** CUENCA ANAYA, A. M.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 45-64, 57 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Revisión, Taxinomia, Septibranchia, Biogeografía, Biostratigrafía, Plioceno, Provincia Barcelona, Cuenca Llobregat.

871022. **Phylloceratidae del Lías medio de la Zona Subbética.** BRAGA, J. C., y RIVAS, P.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 65-86, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Phylloceratida, Jurásico inf., Taxinomia, Biostratigrafía, Ornamentación exterior, Zona Bética, Zona Subbética.

871024. **Sobre el gasterópodo eocénico Melanoides Ibericus.** CALZADA, S., y VIA, L.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 103-111, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Mesogastropoda, Melanoides, Medio continental, Eoceno sup., Priabonense, Oligoceno inf., Biometría, Cataluña.

871025. **Anarcestida, Ammonoidea, del Devónico paleotino. N de España.** MONTESINOS, R.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 113-123, 11 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Anarcestida, Biometría, Enrollamiento concha, Eifelense, Provincia Palencia.

871029. **Necrocinesis y colonización posmortal en Bajocisphinctes, Ammonoidea, de la Cuenca Ibérica. Implicaciones paleoecológicas y paleobatimétricas.** FERNANDEZ LOPEZ, S.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 151-184, 58 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Perisphinctida, Taxinomia, Tafronomía, Epibiotismo, Serpúlida, Vermes, Concha, Ornamentación exterior, Patología, Indicador batimétrico, Paleobatimetría, Paleoecología, Bajociense, Macizo Ibérico, Provincia Teruel.

871030. **Arqueociatos y características sedimentológicas de las calizas de Peña Hueca, los Navalucillos (Montes de Toledo, España).** MORENO EIRIS, E.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 185-209, 37 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Arqueociato, Trilobites, Taxinomia, Biometría, Caliza, Origen biogénico, Alga, Medio recifal, Cantábrico inf., Provincia Toledo.

## TECTONICA

871007. **Argumentos para establecer la estructura del sector del Pico de Pedraforca a partir del análisis comparativo del Cretácico de este macizo de la región de Sallent, Pirineo Catalán.** ULLASTRE, J.; DURAND-DELGA, M., y MAS RIERA, A.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 3-22, 41 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

\* Aloctonia, Manto, Cretácico, Cabalgamiento, Falla, Falla longitudinal, Orogenia alpina, Pirineos españoles, Provincia Lérida.

871023. **Aproximación a la evolución morfológica de la «Fosa de Ciudad Rodrigo», Salamanca, España.** CANTANO, M., y MOLINA, E.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 87-101, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Fosa tectónica, Orogenia alpina, Red fracturas, Tectónica roca, Superficie erosión, Terciario, Provincia Salamanca.

871032. **El complejo tectosedimentario del Campo de Gibraltar. Datos sobre su edad y significado geológico.** GONZALEZ DONOSO, J. M.; LINARES, D.; MARTIN ALGARRA, A., y SERRANO, F.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1978), vol. 82, núm. 1-4, 233-251, 36 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Arcilla en bloques, Unidad tectónica, Tectónica sin-sedimentaria, Corrimiento gravedad, Deformación, Cronoestratigrafía, Fauna, Burdigaliense, Aquitaniense, Zona Bética, Provincias Cádiz, Málaga.

## HIDROGEOLOGIA

871012. **Precisiones sobre el funcionamiento del sistema kárstico del Barranco de Peñalba a partir de los caudales clasificados del manantial de Iturriotz, Vizcaya, en los ciclos 1983-84 y 1984-85.** GARCIA-LATORRE, F.; CRUZ SANJULIAN, J., e IBARRA-LOZANO, V.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 58-68, 3 ref., esp., res. fr., bibl. IGME.

\* Caudal, Acuífero, Karst, Hidrograma, Manantial, Recarga acuífero, Agotamiento, Provincia Vizcaya.

871066. **Las aguas subterráneas en la planificación de recursos hidráulicos: el uso conjunto.** SAHUQUILLO, A.

*Rev. obras públicas* (1986), núm. 3.253, 927-936, 28 ref., esp., bibl. IGME.

\* Planificación, Agua subterránea, Gestión recurso agua.

871128. **Estimación del balance hídrico de los suelos gallegos con escasa reserva.** MARTINEZ CORTIZAS, A. M.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 901-916, 21 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Metodología, Balance agua, Suelo, Textura, Profundidad, Sequía, Galicia.

871129. **Estudio de las propiedades hidrodinámicas de perfiles instalados en lismetros. II. Drenaje, capacidad de campo y agua útil.** PAZ, A.; MENDEZ, E., y DIAZ-FIERROS, F.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 881-900, 30 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Régimen hidrológico suelo, Suelo, Vertisol, Suelo marrón, Humedad suelo, Drenaje terreno, Perfil suelo, Lismetro.

871131. **El modelo de balance hídrico del I. R. A. T. VERA, J.**

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 853-864, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Modelo, Simulación numérica, Balance agua suelo, FORTRAN, Microordenador, Provincia Murcia.

871135. **Determinación de flúor en aguas superficiales y acuíferas de la provincia de Toledo.** MARTINEZ RINCON, M. C., y TORIJA ISASA, M. E.

*An. R. Acad. Farm.* (1987), vol. 53, núm. 1, 115-123, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Agua superficie, Agua subterránea, Análisis químico, Fluoruro, Ión, Potenciómetro, Provincia Toledo.

## MINERALOGIA: GENERALIDADES

871038. **Construcción de aparatos gemológicos. Construcción de un polariscopio.** BAQUERO, M.

*Cuad. Gemol.* (1986), núm. 4-5, 163-166, 3 ref., esp., bibl. IGME.

\* Instrumentación, Polariscopio, Polarización, Propiedad óptica, Birrefringencia, Anisotropía.

## SILICATOS

870887. **Preparación de agregados orientados de arcilla para su estudio mediante difracción de rayos X.** BRIME, C.

*Breviaria Geol. Astúrica*, vol. 25, núm. 1-2, 13-16, 29 ref., esp., bibl. IGME.

\* Preparación muestra, Difracción RX, Arcilla, Grupo arcilla mineral, Dato mineral, Orientación preferencial, Estructura cristalina.

871037. **Esmeraldas sintéticas, sustitutos e imitaciones**

**de esmeralda.** PELLICER, M. A.; GASCON, F., y BAQUERO, M.

*Cuad. Gemol.* (1986), núm. 4-5, 147-157, 10 ref., esp., bibl. IGME.

\* Síntesis, Esmeralda, Berilo, Sorosilicato, Gema.

## NO SILICATOS

870910. **Estudio de inclusiones fluidas en baritina y fluorita del SO de la Sierra de Guadarrama (Minas La Asturiana y San Eusebio).** GUTIERREZ MAROTO, A.; GUIJARRO, J.; MORENO, A., y ALVAREZ MARTIN, J. B.

*Rev. mat. proc. geol.*, vol. 4, 91-101, 11 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Filón, Yacimiento hidrotermal, Sulfato, Fluoruro, Barita, Fluorita, Inclusión fluido, Histograma, Provincia Madrid, Sierra de Guadarrama.

870911. **Mineralizaciones de baritina y fluorita con sulfuros asociados del SO de la Sierra de Guadarrama.** GUTIERREZ MAROTO, A.; MORCILLO, E.; GUIJARRO, J., y MORENO, A.

*Rev. mat. proc. geol.*, vol. 4, 103-126, 17 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Yacimiento polimetálico, Barita, Fluorita, Paragénesis, Granito, Intrusión, Provincia Madrid, Sierra de Guadarrama.

## PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

871010. **Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo.** REMACHA, E.; ARBUES, P., y CARRERAS, M.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 40-48, 15 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Turbidita, Arenisca, Sedimentación marina, Medio talud marino, Medio margen continental, Lutecio, Bartoniense, Eoceno medio, Eoceno sup., Provincia Huesca.

## YACIMENTOLOGIA: GENERALIDADES

871103. **La Minería en Extremadura.** ENADIMSA. Junta de Extremadura (1987), 323 pp., 168 ref., esp., bibl. IGME.

\* Geología minera, Economía minera, Síntesis bibliográfica, Metal, Sustancia no metálica, Prospección minera, Inventario, Mina, Explotación, Producción, Estaño, Tungsteno, Uranio, Valor producción, Reservas, Recursos, Extremadura.

## YACIMENTOLOGIA DE METALES

871011. **Filonos wolframíferos ligados al batolito adameilitico de Trujillo, Cáceres, España.** GUIJARRO, J.; MONSEUR, J.; GUTIERREZ MAROTO, A., y MEDINA NUÑEZ, J. A.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 49-57, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Filón, Tungsteno, Paragénesis, Inclusión fluida, Yacimiento hidrotermal, Adamellita, Granito, Batolito, Provincia Cáceres.

## YACIMENTOLOGIA DE SUSTANCIAS NO METALICAS

871036. **El cuarzo como gema.** DE LA FUENTE, C.

*Cuad. Gemol.* (1986), núm. 4-5, 130-138, 7 ref., esp., bibl. IGME.

\* Cuarzo, Gema, Propiedad física, Inclusión mineral, Amatista, Topacio, Calcedonia, Jaspe, Color.

871102. **Granitos de España.** IGME.

\* Catálogo, Granito, España.

## CARBON

870890. **Nuevo yacimiento de turba en La Franca, Ribadedeva, Asturias.** MARY, G.

*Breviora Geol. Astúrica*, vol. 25, núm. 3-4, 30-32, 7 ref., esp., bibl. IGME.

\* Turbera, Análisis polínico, Wurm, Eemiense, Pleistoceno sup., Asturias.

871049. **La minería del carbón.** GARCIA ALONSO DE LA FUENTE, J. M.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 110-140, 36 ref., esp., bibl. IGME.

\* Histórico, Carbón, Producción, Importación, Consumo, Precio, Recurso mineral, Reserva, España.

## SUELOS

871001. **Mecanismos de liuviación de arcilla en materiales calcáreos.** AGUILAR, R.; RODRIGUEZ REBOLLO, T., y SIMON, M.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 565-576, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Lavado, Arcilla, Paleosuelo, Suelo, Suelo rojo, Suelo pardo, Micromorfología suelo, Pedogénesis, Caliza, Andalucía.

871004. **Suelos desarrollados sobre sedimentos calizos no consolidados en el Valle del Guadalquivir. I: Descripción del medio y de los suelos de la zona.** OLMEDO, J. L. de.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 637-654, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Roca madre suelo, Sedimento carbonatado, Estructura suelo, Clasificación, Pedogénesis, Cuenca Guadalquivir.

871005. **Procesos edafogénicos y edad de las formaciones tipo raña relacionadas con las estribaciones meridionales de los Montes de Toledo.** ESPEJO, R.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 655-680, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Roca madre suelo, Roca clástica, Raña, Perfil suelo, Estructura suelo, Pedogénesis, Clasificación granulométrica, Capacidad carga catión, Mineralogía arcilla, Plioceno, Provincias Toledo, Ciudad Real, Cáceres.

871006. **Contribución a la evaluación edáfica de suelos mediante el estudio del comportamiento de diversos metales pesados.** CALA, V.; JIMENEZ BALLESTA, R.; RODRIGUEZ SANCHIDRIAN, J., y GUERRA, A.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 681-696, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Aluvión, Entisol, Enceptisol, Perfil suelo, pH, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, Capacidad carga catión, Metal pesado, Pedogénesis, Análisis grupo, Provincia Madrid.

871009. **Paleosuelos de los piedemonte villafranquenses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle de Henares-Alto Jarama.** GALLARDO, J.; PEREZ-GONZALEZ, A., y BENAYAS, J.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 27-39, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Paleosuelo, Pedogénesis, Suelo, Suelo rojo, Suelo ferralítico, Suelo ferruginoso, Calcificación, Micromorfología, Acción climática, Glacis, Terraza, Villafranquense, Pleistoceno medio, Provincia Madrid.

871097. **XIV Reunión Nacional de Suelos.** ALIAS, L. J.; ORTIZ SILLA, R.; ALBADALEJO, J., y BOLARIN, M.

*Univ. Murcia. Dpto. Geol.*, 161 pp., 27 ref., esp., bibl. IGME.

\* Excursión, Libro guía, Keuper, Jurásico, Cretácico sup., Senoniense, Cuaternario, Clima, Perfil suelo, Estructura suelo, Suelo marrón, Suelo subdesértico, Suelo aluvial, Suelo poco desarrollado, Micromorfología, Granulometría, Mineralogía arcilla, Zona Bética, Provincia Murcia.

871127. **Efectividad del ácido clorhídrico y de la resina ácida de intercambio en la desorción de las arcillas.** CEQUIEL, R. M.; CRUANAS, R., y CARDUS, J.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 917-932, 12 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Capacidad cambio catión, Suelo, Desorción, Hallosita, Illita, Esmeclita, Acido, Acido clorhídrico, Resina.

871130. **Comportamiento microestructural de suelos rojos mediterráneos bajo vegetación natural.** DE OLMEDO, J. L.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 865-880, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Microestructura, Suelo, Rendzina, Suelo rojo, Porosidad, Perfil suelo, Provincia Sevilla.

871132. **Estudio de suelos en la comarca de Los Pedroches. Córdoba. II. Cartografía y clasificación de suelos.** RECIO, J. N. CORRAL, L., y PANEQUE, G.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 933-948, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Zonografía suelo, Perfil suelo, Clasificación, Ranker, Suelo bruto, Luvisol, Propiedad química, Granulometría, Provincia Córdoba.

871133. **Algunos problemas de clasificación en suelos de Sierra Nevada.** AGUILAR, J.; FERNANDEZ GARCIA, J.; RODRIGUEZ REBOLLO, T., y SIERRA, C.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 949-960, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Clasificación, Suelo, Gley, Suelo hidromorfo, Perfil suelo, Microestructura, Materia orgánica, Propiedad química, Composición mineralógica, Micaesquisto, Acción climática, Provincia Granada, Sierra Nevada, Zona Bética.

871134. **Suelos sobre catenas hidromórficas en el Macizo de Ayllón. Relaciones con otros suelos del mismo área.** IBAÑEZ, J. J., y JIMENEZ BALLESTA, R.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 7-8, 961-974, 23 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Suelo, Suelo hidromorfo, Pedogénesis, Zonografía suelo, Biorresistencia, Materia orgánica, Textura, Propiedad química, Medio glaciario, Provincia Segovia.

## GEOQUIMICA

871002. **Determinación de Ca y Fe totales en suelos calizos por espectrometría de fluorescencia de rayos X.** MORENO, J.; ESTAN, M. T.; ROMERO, M., y SANTA-CRUZ, F.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 585-592, 17 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Fluorescencia RX, Suelo, Suelo calizo, Hierro, Calcio, Ión, Regresión estadística, Provincia Murcia.

871003. **Distribución de Pb, Cd, Cu, Cr entre distintas fases sólidas en algunos tipos de suelos.** CRUZ, R.; RODRIGUEZ SANCHIDRIAN, J., y CALA, V.

*An. edafol. agrobiol.* (1986), vol. 45, núm. 5-6, 613-630, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Análisis elemento traza, Plomo, Cadmio, Cobre, Cromo, Fase sólida, Suelo, Contaminación, Provincia Madrid.

871020. **Elementos menores en rocas y mineralizaciones metálicas en granitos de la provincia de Pontevedra (España).** ANDRADE, M. L.; RODRIGUEZ SEOANE, P.; GUITIAN RIVERA, F., y GUITIAN OJEA, F.

*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol.* (1987), vol. 82, núm. 1-4, 25-44, 15 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Arcilla, Roca metamórfica, Esquisto biotítico, Gneis, Gneis ojo, Granito, Metabasita, Análisis menores, Tratamiento datos, Coeficiente correlación, Regresión estadística, Desviación típica, Provincia Pontevedra.

871065. **La fluorescencia de rayos X en el análisis de elementos de traza.** PASCUAL, J.; MILLAN, M. C., y LLOPIS, J. V.

*Quím. ind. (Madrid)*, 1987, vol. 33, núm. 2, 117-119, 22 ref., esp., bibl. IGME.

\* Síntesis bibliográfica, Método análisis elemento traza, Fluorescencia RX.

## GEOFISICA

871013. **Aplicación de las técnicas de modelado e inversión sísmica a la prospección de carbón: Ejemplo de una cuenca española.** PLATA, J. L.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 69-81, 7 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

\* Método sísmico, Prospección, Lignito, Sísmica reflexión, Levantamiento sísmico, Modelo, Problema inverso, Sismograma sintético, Diagrafía sónica, Diagrafía densidad, Terciario, España.

## ENERGIA

870761. **Investigación geológica y reservas.**

*Bol. inf. HUNOSA* (1987), núm. 30, 3 pp., esp., bibl. IGME.

\* Carbón, Política Sociedad, Reserva, Subvención, Coste, HUNOSA, Asturias.

871047. **Los problemas de la industria petrolera.** FANJUL, O.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 78-87, 1 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Hidrocarburo, Prospección, Investigación, Producción, Demanda, Consumo, Refino, España, Europa, Mundo.
871048. **Gas natural en España. La energía de los años 90.** BADOSA, J.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 88-109, esp., bibl. IGME.  
\* Gas natural, Producción, Reserva, Sociedad estatal, Política Estado, Mundo, España.
871050. **El uranio: Un recurso con futuro.** IRANZO, J. E.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 141-162, 30 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Uranio, Producción, Demanda, Prospección, Planificación, Política Estado, Mundo, España.
871051. **El potencial hidroeléctrico de España.** DIAZ-CANEJA, F.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 163-180, 9 ref., esp., bibl. IGME.  
\* Producción, Energía, Central eléctrica, Contaminación, Perspectiva, España, CEE.
871052. **Una nota sobre los recursos energéticos renovables en España.** IRANZO, J. E.  
*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 181-186, esp., bibl. IGME.  
\* Biomasa, Energía solar, Energía geotérmica, Energía eólica, Perspectiva, España.
871109. **Programa de Investigación Electrotécnica 1985.** *Ministerio de Industria y Energía* (1986), 174 pp., esp., bibl. IGME.  
\* Planificación, Programa, Política Estado, Investigación científica, Energía, Electricidad, España.

## MAPAS

871110. **Mapa Geocientífico de la provincia de Valencia.** *Diputación Provincial Valencia* (1986), 3 vol., esp., bibl. IGME.  
\* Memoria explicativa, Mapa geotécnico, Morfodinámica, Riesgo sísmico, Geología medio ambiente, Suelos, Propiedad geotécnica, Hidrología superficie, Acuífero, Geología física, Mapa geomorfológico, Mapa sísmico, Provincia Valencia.

## ECONOMIA MINERA

870882. **Estudio de la aplicación industrial de caolines de Galicia.** CAMPILLO, G.; CONDE-PUMPIDO, R.; FER-

RRON, J. J.; GUITIAN, F.; VARELA, A., y BALTAR, C. R. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, vol. 26, núm. 2, 109-116, 9 ref., esp., res. al., fr., ing., bibl. IGME.

\* Caolín, Utilización sustancia, Granulometría, Análisis químico, Composición mineralógica, Propiedad óptica, Propiedad física, Calidad mineral, Galicia.

871015. **La minería española en la Edad Moderna. Una aproximación a su estudio.** RELANZON, M. S.

*Bol. geol. min.* (1987), vol. 98, núm. 1, 104-132, 127 ref., esp., bibl. IGME.

\* Histórico, Mina, Legislación minera, Institución, España.

871016. **Los efectos de la caída de los precios del petróleo en la Comunidad Europea.**

*Bol. inf. UNESA* (1987), vol. 17, núm. 187, 20-26, esp., bibl. IGME.

\* CEE, Petróleo, Precio, Perspectiva.

871035. **Valoración de diamantes con la tabla porcentual.** NICOLAU, J.

*Cuad. Gemol.* (1986), núm. 4-5, 127-128, esp., bibl. IGME.

\* Diamante, Gema, Precio, Propiedad física.

871043. **Economía minera española.**

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 472 pp., esp., bibl. IGME.

\* Economía minera, España.

871044. **Ante la nueva minería española.** VELARDE, J.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 2-29, 25 ref., esp., bibl. IGME.

\* Materia prima, Panorama minero, Histórico, Estudio crítico, Legislación minera, Política Estado, Perspectiva, España.

871045. **El siglo crucial de la minería española.** CASTEJON, R.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 30-48, 45 ref., esp., bibl. IGME.

\* Histórico, 1850-1950, Producción, Sociedad, Mina, Cinc, Cobre, Plomo, Hierro, Carbón, Mercurio, España.

871046. **La minería y el petróleo en Bolsa: Evolución y situación actual.** CERRALOZA, A., y FERNANDEZ DE LIS, S.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 49-76, 10 ref., esp., bibl. IGME.

\* Materia prima, Mercado, Sociedad, Bolsa de comercio, Perspectiva, España.

871054. **Innovación tecnológica en la minería española.** MOLERO, J.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 202-226, 31 ref., esp., bibl. IGME.

\* Mina, Tecnología, Investigación, Importación, Exportación, España.

871056. **Evolución y perspectivas del sector de la minería potásica.** COSTA, M. T.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 240-270, 59 ref., esp., bibl. IGME.

\* Potasa, Histórico, Producción, Consumo, Política Estado, Sociedad, Nacionalización, Precio, España, Mundo.

871057. **El sector del plomo en España.** GEA JAVALOY, R.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 271-281, 14 ref., esp., bibl. IGME.

\* Plomo, Recurso mineral, Reserva, Producción, Valor producción, Mercado, Consumo, Mano de obra, Precio, Metalurgia, Perspectiva, España, CEE, Mundo.

871058. **El mercurio.** ROMERO, J. M., y OLIVEROS, J. M.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 282-302, esp., bibl. IGME.

\* Mercurio, Histórico, Reserva, Producción, Utilización sustancia, Precio, Perspectiva, Mundo, España, Almadén.

871059. **La minería del cobre.** MORERA, J. E.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 303-320, 15 ref., esp. bibl. IGME.

\* Cobre, Mineral, Producción, Reserva, Mercado, Metalurgia, Perspectiva, España.

871060. **El sector del zinc.** GEA JAVALOY, R.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 321-331, 18 ref., esp., bibl. IGME.

\* Zinc, Histórico, Utilización sustancia, Reserva, Producción, Valor producción, Mercado, Precio, Perspectiva, Mundo, España.

871061. **La minería del hierro.** KOERTING, G.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 332-347, esp., bibl. IGME.

\* Hierro, Producción, Recurso mineral, Reserva, Mercado, Política aprovisionamiento, Precio, España, Mundo.

871062. **Estructura, problemas y horizontes del espato flúor.** MORERA, R.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 348-358, esp., bibl. IGME.

\* Fluorita, Histórico, Utilización sustancia, Producción, Demanda, Exportación, Explotación, Mineralurgia, España.

871063. **Estadísticas mineras básicas.** SANZ SANCHEZ, A., y TERAN, M.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 360-430, esp., bibl. IGME.

\* Estadística, Dato económico, Producción, Valor producción, Mano de obra, Investigación, Mercado, Consumo, Reserva, Metal sustancia, Sustancia no metálica, Sociedad, España, Mundo.

871064. **Tendencias mundiales de los minerales no energéticos.** BARNETT, H.; MUISWINKEL, G. M. Van; SHECHTER, M., y MYERS, J. G.

*Pap. econ. esp.* (1986), núm. 29, 432-448, 10 ref., esp., bibl. IGME.

\* Materia prima, Precio, Cooperación internacional, Perspectiva, Mundo.

871067. **Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas. Coloquio internacional. Madrid, octubre 1985.**

2 vol., dist. idiomas.

\* Reunión, Histórico, Yacimentología, Mina, Metalurgia.

## INDICE DE MATERIAS

Tomo XCVIII

	Páginas
<b>GEOLOGIA</b>	
J. ULLASTRES, M. DURAND-DELGA y A. MASRIERA: Argumentos para establecer la estructura del sector del pico de Pedraforca a partir del análisis comparativo del Cretácico de este macizo con el de la región de Sallent (Pirineo catalán) ... ..	3
A. PEREJÓN: Revisión de la Colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España. Addenda ... ..	23
J. GALLARDO, A. PÉREZ-GONZÁLEZ y J. BENAYAS: Paleosuelos de los piedemonte villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama ... ..	27
E. REMACHA, P. ARBUÉS y M. CARRERAS: Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo ... ..	40
J. L. HERNÁNDEZ ENRILE: La litoestratigrafía y estructura del Complejo Volcánico-Sedimentario de la Faja Piritosa-Sur-Ibérica (zona de San Telmo-Valdelamusa, Huelva) ... ..	145
G. COLOM: Nota preliminar sobre el hallazgo del género (Chondrites) en el Lías de la Sierra del Levante (Mallorca) ... ..	155
N. LÓPEZ-MARTÍNEZ, C. SESE BENITO y E. HERRÁEZ: Los yacimientos de Micromamíferos del área de Madrid ... ..	159
E. MORENO-EIRIS: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. I: Estratigrafía y Facies ... ..	295
J. GUIMERÁ: Precisiones sobre la estructura y la edad de las deformaciones en el área de Llucaena-Ribesalbes (prov. de Castellón de la Plana) ... ..	318
A. CALONGE GARCÍA: Identificación del <i>Paradoxides pradoanus</i> basada en datos cuantitativos ... ..	335
V. DÍAZ DEL RÍO y J. REY: La tectónica reciente en la bahía de Palma (Baleares) y sus implicaciones morfoestructurales ... ..	342
C. ALVAREZ RAMIS, E. RAMOS GUERRERO y T. FERNÁNDEZ MARRÓN: Estudio paleobotánico del Cenozoico en la zona central de Mallorca: Yacimiento de Son Ferragut ... ..	349
E. MORENO-EIRIS: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. II: Las Algas calcáreas ... ..	449
J. C. CONTE, F. GASCÓN, M. LAGO SAN JOSÉ y P. CARLS: Materiales stephano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza) ... ..	460

	Páginas
A. RIAZA y A. BEL-LAN: Evaluación de una técnica de tratamiento digital de imágenes: Aplicación del análisis de componentes principales a una imagen TM en un área granítica del Macizo Hespérico Central ... ..	471
F. PÉREZ-LORENTE: La estructura del borde norte de la Sierra de Cameros (La Rioja) ... ..	484
M. DOBLAS y J. RUBIO: Movimientos absolutos en fallas ... ..	493
A. CRESPO-BLANC: El macizo de Aracena (macizo Ibérico meridional): Propuesta de división sobre la base de nuevos datos estructurales y petrográficos ... ..	507
E. MORENO-EIRIS: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. III: Microfacies y Diagénesis ... ..	591
M. ALVARO: La tectónica de cabalgamientos de la Sierra Norte de Mallorca (Islas Baleares) ... ..	622
V. HORVATH, F. LEYVA y D. NAVARRO: Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España) ... ..	630
E. LINARES, E. PELLITERO y J. SAAVEDRA: Primeras edades radimétricas en el área Estanno-Wolframífera de Morille-Martínamor (Centro-Oeste de España) ... ..	640
J. C. GUTIÉRREZ MARCO e I. RÁBANO: Trilobites y Graptolitos de las lumaquelas terminales de los «Bancos Mixtos» (Ordovícico Superior de la zona Centro-Ibérica meridional): Elementos nuevos o poco conocidos ... ..	647
E. MORENO-EIRIS: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. IV. Bioestratigrafía y Sistemática de los Arqueociatos ... ..	729
A. PINEDA VELASCO: La Caliza Urbana (Ordovícico Superior) y sus tramos volcanoclasticos en el subsuelo del norte de El Centenillo (Jaén) ... ..	780
A. CALONGE GARCÍA y D. GIL CID: Determinación biométrica de <i>Paradoxides mueroensis</i> Sdzuy 1958 ... ..	794

**MINERIA**

J. GUIJARRO GALIANO, J. MONSEUR LESPAGNARD, A. GUTIÉRREZ MAROTO y J. A. MEDINA NÚÑEZ: Filones wolframíferos ligados al batolito adamellítico de Trujillo (Cáceres, España) ... ..	49
A. MANERA BASSA: El yacimiento Pirítico-Polimetálico, Mina Troya ... ..	177
F. A. LÓPEZ GÓMEZ, G. CARUANA y F. GARCÍA CARCEDO: Índices de liberación de la esfalerita en un proceso de flotación diferencial de sulfuros ... ..	190
F. GERVILLA, J. TORRES-RUIZ y P. FENOLL HACH-ALI: Las Mineralizaciones de Cr-Ni de los macizos ultrabásicos de la provincia de Málaga (Sur de España). Caracterización, tipos composicionales y relaciones con las facies de las rocas encajantes ... ..	357
J. M. HERRERO, F. VELASCO y H. FANO: Dolomitización, silicificación y concentración de sulfuros de Zn, Pb y Fe en calcarenitas urgonianas (Mina de Legorreta, Guipúzcoa) ... ..	516
J. A. LÓPEZ GARCÍA: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (1.ª parte) ... ..	527

	Páginas
J. A. LÓPEZ GARCÍA: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (2.ª parte: Oxidación de paragénesis con greenalita-magnetita) ... ..	670
LOCUTURA RUPÉREZ y F. TORNOS ARROYO: Aspectos genéticos de las mineralizaciones de F (Ba-Pb) del área de Colmenar de Arroyo (Sistema Central español) ... ..	680
J. A. LÓPEZ GARCÍA: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (3.ª parte: Oxidación de paragénesis con sulfuros-carbonatos-sílice) ... ..	802
L. A. DÍAZ RODRÍGUEZ y C. J. FERNÁNDEZ: Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias ... ..	814
<b>AGUAS SUBTERRANEAS</b>	
F. GARCÍA-LATORRE, J. CRUZ-SANJULIÁN y V. IBARRA-LOZANO: Precisiones sobre el funcionamiento del sistema kárstico del Barranco de Peñalba a partir de los caudales clasificados del manantial de Iturriotz (Vizcaya) en los ciclos 1983-84 y 1984-85 ... ..	58
I. QUINTERO AMADOR: Cálculo de la constante de Euler y sus aplicaciones en Hidrogeología y Geología del Petróleo ... ..	202
A. BATLLE GARGALLO, J. COROMINAS BLANCH y J. A. LÓPEZ GETA: Las aguas subterráneas en la comarca barcelonesa del Maresme. Evolución y estado actual.	376
E. SANZ PÉREZ: La regulación de los manantiales y su incidencia en España ... ..	831
<b>GEOFISICA</b>	
J. L. PLATA TORRES: Aplicación de las técnicas de modelado e inversión sísmica a la prospección de carbón: Ejemplo de una cuenca española ... ..	69
J. F. BERGAMÍN y J. M. GONZÁLEZ CASADO: Geometría interna del plutón granítico de Madridejos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas ... ..	217
A. GRANDA SANZ, A. PÉREZ TEREÑES y J. L. PLATA TORRES: Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SEDT). Aspectos más significativos y primeras experiencias en España ... ..	392
J. L. SEARA: Las curvas de Dar Zarrouk para medios polarizantes ... ..	544
<b>GEOQUIMICA</b>	
J. GARCÍA GARZÓN: Datación por el método Rb-Sr de dos muestras de granito de Galicia: granito tipo Padrón y granito tipo Porriño ... ..	695
A. MORENO, J. F. LLAMAS, R. ALCÁNTARA, G. MONSEUR y L. F. MAZADIEGO: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
<b>GEOTECNIA</b>	
F. JAVIER ALONSO, R. M.ª ESBERT y J. ORDAZ: Caracterización del sistema poroso de calizas y dolomías ... ..	226

	Páginas
F. J. AYALA CARCEDO, V. APARICIO VALLS y E. SANZ PÉREZ: Análisis del deslizamiento en Inza (Navarra) de 1714-15 ... ..	404
F. J. ALONSO, R. M.ª ESBERT y J. ORDAZ: Comportamiento hídrico de calizas y dolomías ... ..	555
<b>ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS</b>	
M. GUTIÉRREZ CLAVEROL y J. L. TAMARGO: Características mineralógica y geoquímicas de las pizarras de la vertiente meridional de la Zona Cantábrica (NO de España) ... ..	82
M.ª A. BUSTILLO y M. BUSTILLO: Contribución al conocimiento petrológico y geoquímico de silcretas formadas por silicificación (Mioceno, Cuenca del Tajo).	238
M. BUSTILLO REVUELTA y R. FONT GONZÁLEZ: Estimación de la dispersión Compton en Fluorescencia de Rayos X: Aplicación al estudio de rocas carbonáticas ... ..	415
A. ARRIBAS: Sobre el origen de las mineralizaciones españolas de uranio en rocas metasedimentarias ... ..	705
L. GARCÍA CACHO, F. ANGUITA, V. ARAÑA, F. BARBERI, J. DÍAZ-GIL, R. ORTIZ y A. SBRANA: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria).	859
<b>INFORMACION</b>	
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. José Duro y Garcés (1796-1855). Adjudicación de la cátedra de Química docimástica ... ..	100
MARÍA SOLEDAD RELANZÓN: La minería española en la Edad Moderna. Una aproximación a su estudio. Fac. I ... ..	104
Noticias y Notas bibliográficas ... ..	133
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Policarpo Cía y Francés (1817-1867) ... ..	256
MARÍA SOLEDAD RELANZÓN: La minería española en la Edad Moderna. Una aproximación a su estudio. Fas. II ... ..	260
Noticias y Notas bibliográficas ... ..	283
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. José Monasterio Correa (1819-1874) e Isidro Sebastián Buceta y Solla (1846-1874) ... ..	420
J. SIERRA ALVAREZ: Una pieza única de la tecnología minera española del siglo XIX: El canal subterráneo de las minas de Orbó (Palencia), 1879-1895 ... ..	428
Noticias y Notas bibliográficas ... ..	438
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Mariano Pérez de Santa Cruz (1825-1864) ... ..	577
Noticias y Notas Bibliográficas ... ..	580
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Sergio Yegros (1820-1871) ... ..	712

	Páginas
Noticias y Notas bibliográficas ... ..	716
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. Francisco de Angulo (17...-1815). Primera Dirección General de Minas (1788-1815) ... ..	864
E. RUIZ DE SOMAVÍA CABELLO: La industria minera española durante 1986 ... ..	876
Noticias y Notas bibliográficas ... ..	890

## INDICE DE AUTORES

## Tomo XCVIII

	Páginas
ALONSO, F. J.; ESBERT, R. M. <sup>a</sup> , y ORDAZ, J.: Caracterización del sistema poroso de calizas y dolomías ... ..	226
ALONSO, F. J.; ESBERT, R. M. <sup>a</sup> , y ORDAZ, J.: Comportamiento hídrico de calizas y dolomías ... ..	555
ALVARO, M.: La tectónica de cabalgamientos de la Sierra Norte de Mallorca (Islas Baleares) ... ..	622
ANGUITA, F.; GARCÍA CACHO, L.; ARAÑA, V.; BARBERI, F.; DÍAZ-GIL, J.; ORTIZ, R., y SBRAÑA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
ARAÑA, V.; GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; BARBERI, F.; DÍAZ-GIL, J.; ORTIZ, R., y SBRAÑA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
ARBUÉS, P.; REMACHA E., y CARRERAS, M.: Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo ... ..	40
ARRIBAS, A.: Sobre el origen de las mineralizaciones españolas de uranio en rocas metasedimentarias ... ..	705
AYALA CARCEDO, F. J.; APARICIO VALLS, V., y SANZ PÉREZ, E.: Análisis del deslizamiento en Inza (Navarra) de 1714-15 ... ..	404
APARICIO VALLS V.; AYALA CARCEDO, F. J., y SANZ PÉREZ, E.: Análisis del deslizamiento en Inza (Navarra) de 1714-15 ... ..	404
ALCÁNTARA, R.; MORENO, A.; LLAMAS J. F.; MONSEUR, G., y MAZADIEGO, L. F.: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
ALVAREZ RAMIS, C.; RAMOS GUERRERO, E., y FERNÁNDEZ MARRÓN, T.: Estudio paleobotánico del Cenozoico en la zona central de Mallorca: Yacimiento de Son Ferragut. ...	349
BARBERI, F.; GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; ARAÑA, V.; DÍAZ-GIL, J.; ORTIZ, R., y SBRAÑA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
BATLLE GARGALLO, A.; COROMINAS BLANCH, J., y LÓPEZ GETA, J. A.: Las aguas subterráneas en la comarca barcelonesa del Maresme. Evolución y estado actual ...	376
BENAYAS, J.; GALLARDO, J., y PÉREZ-GONZÁLEZ, A.: Paleosuelos de los piedemonte villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama ... ..	27
BERGAMÍN, J. F., y GONZÁLEZ CASADO, J. M.: Geometría interna del plutón granítico de Madrideojos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas ... ..	217
BUSTILLO, M. <sup>a</sup> A., y BUSTILLO, M.: Contribución al conocimiento petrológico y geoquímico de silcretas formadas por silicificación (Mioceno, Cuenca del Tajo) ...	238

	Páginas
BUSTILLO, M., y BUSTILLO, M. <sup>a</sup> A.: Contribución al conocimiento petrológico y geológico de silcretas formadas por silicificación (Mioceno, Cuenca del Tajo) ...	238
BUSTILLO REVUELTA, M., y FONT GONZÁLEZ, R.: Estimación de la dispersión Compton en Fluorescencia de Rayos X: Aplicación al estudio de rocas carbonáticas ...	415
BEL-LAN, A., y RIAZA, A.: Evaluación de una técnica de tratamiento digital de imágenes: Aplicación del análisis de componentes principales a una imagen TM en un área granítica del Macizo Hespérico Central ...	471
CALONGE GARCÍA, A.: Identificación del <i>Paradoxides pradoanus</i> basada en datos cuantitativos ...	335
CALONGE GARCÍA, A., y GIL CID, D.: Determinación biométrica de <i>Paradoxides mure-roensis</i> Sdzuy 1958 ...	794
CARUANA, G.; LÓPEZ GÓMEZ, F. A., y GARCÍA CARCEDO, F.: Índices de liberación de la esfalerita en un proceso de flotación diferencial de sulfuros ...	190
CARLS, P.; CONTE, J. C.; GASCÓN, F., y LAGO SAN JOSÉ, M.: Materiales stephano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza) ...	460
CARRERA, M.; REMACHA, E., y ARBUÉS, P.: Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo ...	40
COLOM, G.: Nota preliminar sobre el hallazgo del género (Chondrites) en el Lías de la Sierra del Levante (Mallorca) ...	155
COROMINAS BLANCH, J.; BATLLE GARGALLO, A., y LÓPEZ GETA, J. A.: Las aguas subterráneas en la comarca barcelonesa del Maresme. Evolución y estado actual ...	376
CRUZ-SANJULIÁN, J.; GARCÍA-LATORRE, F., e IBARRA-LOZANO, V.: Precisiones sobre el funcionamiento del sistema kárstico del Barranco de Peñalba a partir de los caudales clasificados del manantial de Iturriotz (Vizcaya) en los ciclos 1983-84 y 1984-85 ...	58
CONTE, J. C.; GASCÓN, F.; LAGO SAN JOSÉ, M., y CARLS, P.: Materiales stephano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza) ...	460
CRESPO-BLANCH, A.: El macizo de Aracena (macizo Ibérico meridional): Propuesta de división sobre la base de nuevos datos estructurales y petrográficos ...	507
DÍAZ DEL RÍO, V., y REY, J.: La tectónica reciente en la bahía de Palma (Baleares) y sus implicaciones morfoestructurales ...	342
DÍAZ-GIL, J.; GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; ARAÑA, V.; BARBERI, F.; ORTIZ, R., y SBRA-NA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
DÍAZ RODRÍGUEZ, L. A., y FERNÁNDEZ, C. J.: Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias ...	814
DOBLAS, M., y RUBIO, J.: Movimientos absolutos en fallas ...	493
DURAND-DELGA, M.; ULLASTRES, J., y MASRIERA, A.: Argumentos para establecer la estructura del sector del pico de Pedraforca a partir del análisis comparativo del Cretácico de este macizo con el de la región de Sallent (Pirineo catalán) ...	3
ESBERT, R. M. <sup>a</sup> ; ALONSO, F. J., y ORDAZ, J.: Caracterización del sistema poroso de calizas y dolomías ...	226
ESBERT, R. M. <sup>a</sup> ; ALONSO, F. J., y ORDAZ, J.: Comportamiento hídrico de calizas y dolomías ...	555

	Páginas
FANO, H.; HERRERO, J. M., y VELASCO, F.: Dolomitización, silicificación y concentración de sulfuros de Zn, Pb y Fe en calcarenitas urgonianas (Mina de Legorreta, Guipúzcoa) ...	516
FENOLL HACH-ALI, P.; GERVILLA, F., y TORRES-RUIZ, J.: Las Mineralizaciones de Cr-Ni de los macizos ultrabásicos de la provincia de Málaga (Sur de España). Caracterización, tipos composicionales y relaciones con las facies de las rocas encajantes ...	357
FERNÁNDEZ MARRÓN, T.; ALVAREZ RAMIS, C., y RAMOS GUERRERO, E.: Estudio paleobotánico del Cenozoico en la zona central de Mallorca: Yacimiento de Son Ferragut ...	349
FERNÁNDEZ, C. J., y DÍAZ RODRÍGUEZ, L. A.: Geología del área minera del yacimiento (Pb-Zn) Grupo Cantabria, Caranga de Arriba, Proaza, Asturias ...	814
FONT GONZÁLEZ, R., y BUSTILLO REVUELTA, M.: Estimación de la dispersión Compton en Fluorescencia de Rayos X: Aplicación al estudio de rocas carbonáticas ...	415
GALLARDO, J.; PÉREZ-GONZÁLEZ, A., y BENAYAS, J.: Paleosuelos de los piedemonte villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama ...	27
GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; ARAÑA, V.; BARBERI, F.; DÍAZ-GIL, J.; ORTIZ, R., y SBRA-NA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
GARCÍA GARZÓN, J.: Datación por el método Rb-Sr de dos muestras de granito de Galicia: granito tipo Padrón y granito tipo Porriño ...	695
GARCÍA-LATORRE, F.; CRUZ-SANJULIÁN, J., e IBARRA-LOZANO, V.: Precisiones sobre el funcionamiento del sistema kárstico del Barranco de Peñalba a partir de los caudales clasificados del manantial de Iturriotz (Vizcaya) en los ciclos 1983-84 y 1984-85 ...	58
GASCÓN, F.; CONTE, J. C.; LAGO SAN JOSÉ, M., y CARLS, P.: Materiales stephano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza) ...	460
GARCÍA CARCEDO, F.; LÓPEZ GÓMEZ, F. A., y CARUANA, G.: Índices de liberación de la esfalerita en un proceso de flotación diferencial de sulfuros ...	190
GERVILLA, F.; TORRES-RUIZ, J., y FENOLL HACH-ALI, P.: Las Mineralizaciones de Cr-Ni de los macizos ultrabásicos de la provincia de Málaga (Sur de España). Caracterización, tipos composicionales y relaciones con las facies de las rocas encajantes ...	357
GIL CID, D., y CALONGE GARCÍA, A.: Determinación biométrica de <i>Paradoxides mure-roensis</i> Sdzuy 1958 ...	794
GONZÁLEZ CASADO, J. M., y BERGAMÍN, J. F.: Geometría interna del plutón granítico de Madridejos (Toledo), basado en determinaciones gravimétricas ...	217
GUIMERA, J.: Precisiones sobre la estructura y la edad de las deformaciones en el área de Lucena-Ribesalbes (prov. de Castellón de la Plana) ...	318
GUIJARRO GALIANO, J.; MONSEUR LESPAGNARD, J.; GUTIÉRREZ MAROTO, A., y MEDINA NÚÑEZ, J. A.: Filones wolframíferos ligados al batolito adamellítico de Trujillo (Cáceres, España) ...	49
GUTIÉRREZ CLAVEROL, M., y TAMARGO, J. L.: Características mineralógicas y geoquímicas de las pizarras de la vertiente meridional de la Zona Cantábrica (NO de España) ...	82

	Páginas
GUTIÉRREZ MAROTO, A.; GUIJARRO GALIANO, J.; MONSEUR LESPAGNARD, J., y MEDINA NÚÑEZ, J. A.: Filones wolframíferos ligados al batolito adamellítico de Trujillo (Cáceres, España) ... ..	49
GRANDA SANZ, A.; PÉREZ TEREÑES, A., y PLATA TORRES, J. L.: Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SEDT). Aspectos más significativos y primeras experiencias en España ... ..	392
GUTIÉRREZ MARCO, J. C. y RÁBANO, I.: Trilobites y Graptolitos de las lumaquelas terminales de los «Bancos Mixtos» (Ordovícico Superior de la zona Centroibérica meridional): Elementos nuevos o poco conocidos ... ..	647
HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: La litoestratigrafía y estructura del Complejo Volcánico-Sedimentario de la Faja Piritosa-Sur-Ibérica (zona de San Telmo-Valdelamusa. Huelva) ... ..	145
HERRÁEZ, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., y SESE BENITO, C.: Los yacimientos de Micromamíferos del área de Madrid ... ..	159
HERRERO, J. M.; VELASCO, F., y FANO, H.: Dolomitización, silicificación y concentración de sulfuros de Zn, Pb y Fe en calcarenitas urgonianas (Mina de Legorreta, Guipúzcoa) ... ..	516
HORVATH, V.; LEYVA, F., y NAVARRO, D.: Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España) ... ..	630
IBARRA-LOZANO, V.; GARCÍA-LATORRE, F., y CRUZ-SANJULIÁN, J.: Precisiones sobre el funcionamiento del sistema kárstico del Barranco de Peñalba a partir de los caudales clasificados del manantial de Iturriotz (Vizcaya) en los ciclos 1983-84 y 1984-85 ... ..	58
LEYVA, F.; HORVATH, V., y NAVARRO, D.: Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España) ... ..	630
LOCUTURA RUPÉREZ, J. y TORNOS ARROYO, F.: Aspectos genéticos de las mineralizaciones de F (Ba-Pb) del área de Colmenar de Arroyo (Sistema Central español) ...	680
LAGO SAN JOSÉ, M.; CONTE, J. C.; GASCÓN, F., y CARLS, P.: Materiales stephano-permicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza) ... ..	460
LÓPEZ GARCÍA, J. A.: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (1.ª Parte)	527
LÓPEZ GÓMEZ, F. A.; CARUANA, G., y GARCÍA CARCEDO, F.: Indices de liberación de la esfarelita en un proceso de flotación diferencial de sulfuros ... ..	190
LÓPEZ GARCÍA, J. A.: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (2.ª Parte: Oxidación de paragénesis con greenalita-magnetita) ... ..	670
LÓPEZ-MARTÍNEZ, N.; SESE BENITO, C., y HERRÁEZ, E.: Los yacimientos de Micromamíferos del área de Madrid ... ..	159
LINARES, E.; PELLITERO, E., y SAAVEDRA, J.: Primeras edades radimétricas en el área Estanno-Wolframífera de Morille-Martinamor (Centro-Oeste de España) ... ..	640
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XVIII. José Duro y Garcés (1796-1855). Adjudicación de la cátedra de Química docimástica ... ..	100
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Policarpo Cía y Francés (1817-1867) ... ..	256

	Páginas
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. José Monasterio Correa (1819-1874) e Isidro Sebastián Buceta y Solla (1846-1874) ... ..	420
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Mariano Pérez de Santa Cruz (1825-1864) ... ..	577
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Sergio Yegros (1820-1871)	712
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XVIII. Francisco de Angulo (17...-1815). Primera Dirección General de Minas (1788-1815) ... ..	864
LÓPEZ GARCÍA, J. A.: Estudio mineralógico, textural y geoquímico de las zonas de oxidación de los yacimientos de Fe-Pb-Zn de la Sierra de Cartagena (3.ª parte: Oxidación de paragénesis con sulfuros-carbonatos-silice) ... ..	802
LÓPEZ GETA, J. A.; BATLLE GARGALLO, A., y COROMINAS BLANCH, J.: Las aguas subterráneas en la comarca barcelonesa del Maresme. Evolución y estado actual ...	376
LLAMAS, J. F.; MORENO, A.; ALCÁNTARA, R.; MONSEUR, G., y MAZADIEGO, L. F.: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
MAZADIEGO, L. F.; MORENO, A.; LLAMAS, J. F.; ALCÁNTARA, R., y MONSEUR, G.: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
MANERA BASSA, A.: El yacimiento Pirítico-Polimetálico, Mina Troya ... ..	177
MASRIERA, A.; ULLASTRE, J., y DURAND-DELGA, M.: Argumentos para establecer la estructura del sector del pico de Pedraforca a partir del análisis comparativo del Cretácico de este macizo con el de la región de Sallent (Pirineo catalán) ... ..	3
MEDINA NÚÑEZ, J. A.; GUIJARRO GALIANO, J.; MONSEUR LESPAGNARD, J., y GUTIÉRREZ MAROTO, A.: Filones wolframíferos ligados al batolito adamellítico de Trujillo (Cáceres, España) ... ..	49
MONSEUR LESPAGNARD, J.; GUIJARRO GALIANO, J.; GUTIÉRREZ MAROTO, A., y MEDINA NÚÑEZ, J. A.: Filones wolframíferos ligados al batolito adamellítico de Trujillo Cáceres, España) ... ..	49
MORENO-EIRIS, E.: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. I. Estratigrafía y Facies ... ..	295
MORENO-EIRIS, E.: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. II: Las Algas calcáreas ... ..	449
MORENO-EIRIS, E.: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. III: Microfacies y Diagénesis ... ..	591
MORENO, A.; LLAMAS, J. F.; ALCÁNTARA, R.; MONSEUR, G., y MAZADIEGO, L. F.: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
MORENO-EIRIS, E.: Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. IV: Bioestratigrafía y Sistemática de los Arqueociatos ... ..	729
MONSEUR, G.; MORENO, A.; LLAMAS, J. F.; ALCÁNTARA, R., y MAZADIEGO, L. F.: Caracterización de la materia orgánica contenida en la «Cuarcita del Criadero» de Almadén por pirólisis Rock-Eval ... ..	699
NAVARRO, D.; HORVATH, V., y LEYVA, F.: Estudio geológico del Estefaniense de Arnao (Asturias, NO de España) ... ..	630

	Páginas
ORDAZ, J.; JAVIER ALONSO, F., y ESBERT, R. M. <sup>a</sup> : Caracterización del sistema poroso de calizas y dolomías ... ..	226
ORDAZ, J.; ALONSO, F. J., y ESBERT, R. M. <sup>a</sup> : Comportamiento hídrico de calizas y dolomías ... ..	555
ORTIZ, R.; GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; ARAÑA, V.; BARBERI, F.; DÍAZ-GIL, J., y SBRANA, A.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
PELLITERO, E.; LINARES, E., y SAAVEDRA, J.: Primeras edades radimétricas en el área Estanno-Wolframífera de Morille-Martinamor (Centro-Oeste de España) ... ..	640
PEREJÓN, A.: Revisión de la Colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España. Addenda ... ..	23
PÉREZ-GONZÁLEZ, A.; GALLARDO, J., y BENAYAS, J.: Paleosuelos de los piedemonte villafranquienses y de las terrazas pleistocenas de la región del valle del Henares-Alto Jarama ... ..	27
PÉREZ-LORENTE, F.: La estructura del borde norte de la Sierra de Cameros (La Rioja) ... ..	484
PÉREZ TEREÑES, A.; GRANDA SANZ, A., y PLATA TORRES, J. L.: Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SED). Aspectos más significativos y primeras experiencias en España ... ..	392
PINEDA VELASCO, A.: La Caliza Urbana (Ordovícico Superior) y sus tramos volcánoclasticos en el subsuelo del norte de El Centenillo (Jaén) ... ..	780
PLATA TORRES, J. L.: Aplicación de las técnicas de modelado e inversión sísmica a la prospección de carbón: Ejemplo de una cuenca española ... ..	69
PLATA TORRES, J. L.; GRANDA SANZ, A., y PÉREZ TEREÑES, A.: Los sondeos electromagnéticos en el dominio de tiempos (SED). Aspectos más significativos y primeras experiencias en España ... ..	392
QUINTERO AMADOR, I.: Cálculo de la constante de Euler y sus aplicaciones en Hidrogeología y Geología del Petróleo ... ..	202
RÁBANO, E. y GUTIÉRREZ MARCO, J. C.: Trilobites y Graptolitos de las lumaquelas terminales de los «Bancos Mixtos» (Ordovícico Superior de la zona Centroeibérica meridional): Elementos nuevos o poco conocidos ... ..	647
RAMOS GUERRERO, E.; ALVAREZ RAMIS, C., y FERNÁNDEZ MARRÓN, T.: Estudio paleobotánico del Cenoico en la zona central de Mallorca: Yacimiento de Son Ferragut ... ..	349
RELANZÓN, M. <sup>a</sup> S.: La minería española en la Edad Moderna. Una aproximación a su estudio. Fasc. I ... ..	104
RELANZÓN, M. <sup>a</sup> S.: La minería española en la Edad Moderna. Una aproximación a su estudio. Fasc. II ... ..	260
REMACHA, E.; ARBUÉS, P., y CARRERAS, M.: Precisiones sobre los límites de la secuencia deposicional de Jaca. Evolución de las facies desde la base de la secuencia hasta el techo de la Arenisca de Sabiñánigo ... ..	40
REY, J. y DÍAZ DEL RÍO, V.: La tectónica reciente en la bahía de Palma (Baleares) y sus implicaciones morfoestructurales ... ..	342

	Páginas
RIAZA, A. y BEL-LAN, A.: Evaluación de una técnica de tratamiento digital de imágenes: Aplicación del análisis de componentes principales a una imagen TM en un área granítica del Macizo Hespérico Central ... ..	471
RUBIO, J. y DOBLAS, M.: Movimientos absolutos en fallas ... ..	493
RUIZ DE SOMAVÍA CABELLO, E.: La industria minera española durante 1986 ... ..	876
SAAVEDRA, J.; LINARES, E., y PELLITERO, E.: Primeras edades radimétricas en el área Estanno-Wolframífera de Morille-Martinamor (Centro-Oeste de España) ... ..	640
SANZ PÉREZ, E.; AYALA CARCEDO, F. J., y APARICIO VALLS, V.: Análisis del deslizamiento en Inza (Navarra) de 1714-15 ... ..	404
SANZ PÉREZ, E.: La regulación de los manantiales y su incidencia en España ... ..	831
SBRANA, A.; GARCÍA CACHO, L.; ANGUITA, F.; ARAÑA, V.; BARBERI, F.; DÍAZ-GIL, J., y ORTIZ, R.: Una nueva perspectiva de la Formación Roque Nublo (Gran Canaria) ...	859
SEARA, J. L.: Las curvas de Dar Zarrouk para medios polarizantes ... ..	544
SIERRA ALVAREZ, J.: Una pieza única de la tecnología minera española del siglo XIX: El canal subterráneo de las minas de Orbó (Palencia), 1879-1895 ... ..	428
SESE BENITO, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, N., y E. HERRÁEZ, E.: Los yacimientos de Micromamíferos del área de Madrid ... ..	159
TAMARGO, J. L. y GUTIÉRREZ CLAVEROL, M.: Características mineralógicas y geoquímicas de las pizarras de la vertiente meridional de la Zona Cantábrica (NO de España) ... ..	82
TORNOS ARROYO, F. y LOCUTURA RUPÉREZ, J.: Aspectos genéticos de las mineralizaciones de F (Ba-Pb) del área de Colmenar de Arroyo (Sistema Central español)	680
TORRES-RUIZ, J.; GERVILLA, F., y FENOLL HACH-ALI, P.: Las Mineralizaciones de Cr-Ni de los macizos ultrabásicos de la provincia de Málaga (Sur de España). Caracterización, tipos composicionales y relaciones con las facies de las rocas encajantes ... ..	357
ULLASTRE, J.; DURAND-DELGA, M., y MASRIERA, A.: Argumentos para establecer la estructura del sector del pico de Pedraforca a partir del análisis comparativo del Cretácico de este macizo con el de la región de Sallent (Pirineo catalán) ... ..	3
VELASCO, F.; HERRERO, J. M., y FANO, H.: Dolomitización, silicificación y concentración de sulfuros de Zn, Pb y Fe en calcarenitas urgonianas (Mina de Legorreta, Guipúzcoa) ... ..	516

# 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, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua española 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.

## *Idiomas.*

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

## *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 modificación alguna, adición o supresión 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 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

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.

---

Toda la correspondencia referente a las publicaciones  
deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio Ladrón de Guevara. Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

24 MAR. 1988



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA  
Ríos Rosas, 23 - 28003 Madrid

Centro de Publicaciones  
Ministerio de Industria y Energía

ISSN 0366 - 0176