



EMPRESA NACIONAL "ADARO"

DE INVESTIGACIONES MINERAS S.A.



ESTUDIOS GEOLOGICOS

INVESTIGACION DE CRIADEROS MINERALES

SONDEOS HASTA DE 4.500 MTS. DE PROFUNDIDAD

**LABORATORIOS DE PETROGRAFIA, METALOGENIA,
MICROPALAEONTOLOGIA, QUIMICO, TESTIGOS,
LADOS, CEMENTOS, PREPARACION MECANICA
DE LAS MENAS.**

DOMICILIO SOCIAL.— SERRANO Nº 116, MADRID (6). TELEFONO 2-61-79-02

OFICINAS Y LABORATORIOS.— K.12 CARRETERA DE ANDALUCIA.
TELEFONOS 2-37-17-00, 1-2

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Mapas Geológicos Provinciales a escala 1:200.000

Almería

150 pesetas

Valencia

150 pesetas

Mapa Geológico Nacional 1:50.000.

Hoja núm. 366 / 593 Cuevas de Vinromá

100 pesetas

Memoria 366 / 593 Cuevas de Vinromá

100 pesetas

Hoja núm. 397 / 858 El Viso

100 pesetas

Memoria 397 / 858 El Viso

100 pesetas

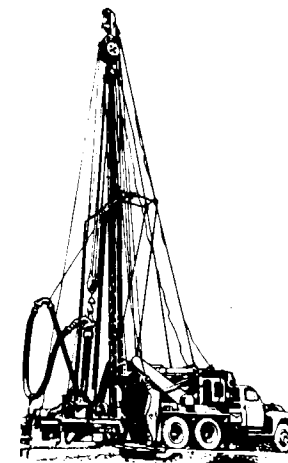
PEDIDOS A

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléfono 234 13 28

MADRID-3



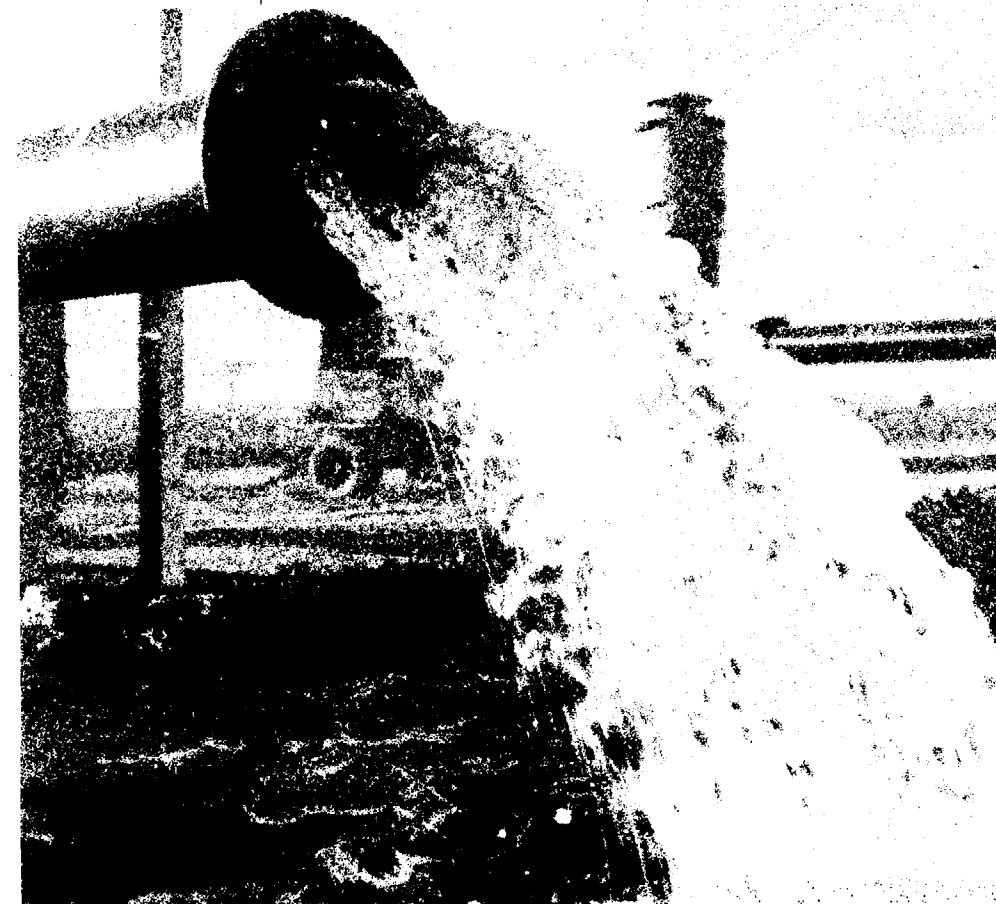
AGUA EN SU TERRENO

Mediante perforaciones realizadas con los más modernos y potentes equipos. Centenares de sondeos que alumbran caudales de cientos de miles de metros cúbicos día prueban nuestra eficacia y experiencia.

Solicite información.

 **Vegarada**
perforaciones

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



RESERVADO PARA
LA REVISTA
ECONOMIA INDUSTRIAL

TOMO LXXIX
Fascículo VI

NOVIEMBRE - DICIEMBRE 1968

boletín geológico y minero

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

COMISION DE REDACCION

- LMELA SAMPER, Antonio.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- LVARADO ARRILLAGA, Manuel María.**
Instituto Geológico y Minero de España (Geología).
- RANGUREN SABAS, Félix.**
Instituto Geológico y Minero de España.
- ERTRAND Y BERTRAND, Carlos.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.
- ONED SOPENA, José Antonio.**
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.
- ANTOS FIGUEROLA, José.**
Instituto Geológico y Minero de España.
- RUSAFONT PAIRO, Miguel.**
Facultad de Ciencias de Barcelona.
- OETSCH SUNDHEIM, Jorge.**
Instituto Geológico y Minero de España (Minería).
- NTBOTE, José María.**
Facultad de Ciencias de Granada.
- USTER CASAS, José María.**
Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Geológicas.
- ALVEZ CAÑERO, Augusto de.**
Instituto Geológico y Minero de España (Aguas).
- ERNAÑDEZ-PACHECO, Francisco.**
Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- PEZ DE AZCONA, Juan Manuel.**
Comisión Nacional de Geología.
- ELENDEZ Y MELENDEZ, Bermudo.**
Universidad de Madrid.
- INGARRO MARTIN, Francisco.**
Facultad de Ciencias de Madrid.
- URCIA VIUDAS, Andrés.**
Instituto Nacional de Colonización.
- RTI SERRANO, Carlos.**
Consejo de Minería y Metalurgia.
- RGA PONDAL, Isidro.**
Laboratorio Geológico de Lage. Coruña.
- NTADO FE, Francisco.**
Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.
- BA ANDERIU, Oriol.**
Universidad de Zaragoza.
- OS GARCIA, José María.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- ENZ GARCIA, Clemente.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- LE SABARIS, Luis.**
Instituto Nacional de Geología. Barcelona.
- DAL PARDAL, Manuel.**
Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.
- RGILI RODON, Carmina.**
Facultad de Ciencias de Madrid

REDACTOR JEFE
J. M. LOPEZ DE AZCONA

INDICE

	PÁGINAS
<i>Geología</i>	
F. H. CRAMER y M. ^a DEL C. DÍEZ DE CRAMER: Consideraciones taxonómicas sobre las acritarcas del Silúrico Medio y Superior del Norte de España. Las acritarcas acantomorfiticas	1
<i>Minería</i>	
A. GÁLVEZ-CAÑERO y L. LLORENTE HERRERO: Investigación de primeras materias para la fabricación de cemento en la isla de Fuerteventura (Las Palmas)	35
<i>Energía</i>	
E. DUPUY DE LÔME y J. E. COMA GUILLÉN: Exploración de hidrocarburos en la Península: Determinación del esfuerzo a realizar	38
<i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>	
J. CANTOS FIGUEROLA: Investigación hidrogeológica por el método gravimétrico en la zona de Inca (Mallorca).	57
<i>Estudio de minerales y rocas</i>	
J. L. MARTÍN VIVALDI y J. LINARES GONZÁLEZ: Las bentonitas de Cabo de Gata: II. Yacimiento de Palma del Muerto	65
<i>Información</i>	
Personal.—Noticias.—Estadística y Economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas.—Sección informativa de revistas	72
Indices del tomo LXXIX	87

EDITADA POR EL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

RÍOS ROSAS 23. MADRID-3 ESPAÑA

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

Vista aérea de la Factoría de la Empresa Nacional del Aluminio, S. A. en Valladolid.

Depósito Legal M. 3.279.-1958

Consideraciones taxonómicas sobre las acritarcas del Silúrico Medio y Superior del Norte de España

Las acritarcas acantomorfiticas

por F. H. CRAMER (*) y M.^a DEL C. DIEZ DE CRAMER

SUMARIO

Las acritarcas acantomorfiticas son microfósiles palinológicos que abundan en las rocas del Silúrico Medio y Superior en el Norte de España. En 1961 iniciamos esta investigación en las Montañas Cantábricas de Palencia, Asturias y León, así como en las proximidades de Gijón, en la región costera de Asturias, encontrando en gran número de niveles estratigráficos estos microfósiles palinológicos. Las asociaciones aisladas de estas rocas constan de dos grupos morfológicos, que son: a., el supergrupo de las acritarcas acantomorfiticas (conteniendo, entre otros, los géneros de *Baltisphaeridium* (s. l.); *Leiofusa* (p. p.); *Veryhachium*; *Micrhystridium*; y el subgrupo de las *Diacromorphitae*), y b., el supergrupo conglomerático de las acritarcas no-acantomorfiticas, que incluye los demás taxos morfológicos presentes en las muestras.

Se presenta, además de una compilación de información general estratigráfica de la región estudiada, una tabulación de información geológica publicada por otros autores sobre ciertos taxos de acritarcas y esporas.

En la primera parte de' presente artículo se plantean consideraciones sobre una clasificación de las acritarcas acantomorfiticas, y se llega a la conclusión de que es necesario basar la clasificación que facilite la referencia y recuperación de información geológica, sobre caracteres cualitativos e independientemente variables. Una clasificación basada sobre estos caracteres es necesariamente una clasificación puramente morfológica. Es preferible a la clasificación intuitiva de Downie, Evitt y Sarjeant, porque gran parte de la clasificación de los mencionados autores se basa sobre caracteres cuantitativos y dependientemente variables. Los autores de estas líneas prefieren una clasificación estable y artificial a una clasificación llamada «natural», porque intentan utilizar la clasificación como medio rápido de referencia a taxos previamente descritos.

Se estudian aquí las características morfológicas que son los componentes prácticos de la vesícula de una acritarca acantomorfitica: la parte central de la vesícula; los procesos; la pared; los pilomos y los opérculos correspondientes; y la escultura.

En un párrafo al final de la primera parte del artículo se esboza la clasificación morfológica propuesta por los autores, utilizando como ejemplos prácticos unos taxos de acritarcas acantomorfiticas de asociaciones aisladas de muestras españolas y extranjeras.

En una segunda parte se considerarán las acritarcas no-acantomorfiticas. Los caracteres de los taxos colocados en este supergrupo son brevemente descritos, y se llega a la conclusión de que la clasificación de Downie, Evitt y Sarjeant, modificada en unos puntos poco importantes, es adecuada, entendiendo que se abandonó el concepto de una clasificación «natural».

En la parte sistemática de la segunda parte del artículo se describen unos taxos nuevos: *Cymatiosphaera enamorada*; *Baltisphaeridium hermosum*; y *Poikilofusa oblanquae*. Se acompaña información geológica y taxonómica a los taxos que hemos utilizado como ejemplos para ilustrar nuestras ideas.

(*) Department of Geology The Florida State University Tallahassee, Florida - 32306 Estados Unidos de América.

SUMMARY

Acritarchs are palynologic microfossils which are quite abundant in most sedimentary rocks of Middle and Upper Silurian age in northern Spain. The acritarch assemblages of this area are divided into two morphologic groups: a., the acanthomorphitic acritarchs, which comprise, among others, the following genera: *Batisphaeridium* (s.l.); *Michrhystridium*; *Veryhachium*; *Leiofusa* (p.p.); and the subgroup of the *Diacromorphitae*, and b., non-acanthomorphitic acritarchs, which group includes all other taxa present in the area studied.

In addition to a brief review of the stratigraphy of the Middle and Upper Silurian of the region investigated, a compilation of the geologic information on previously described acritarchs and spores of this series is given.

The principles and aims of a classification of acritarchs are reviewed. Since the purpose of to and retrieval of previously stored geologic and taxonomic information, the system according to which the classification is purely morphologic, and although not «natural», it is stable and objective. The proposed morphologic classification differs from the one proposed by Downie, Evitt, and Sarjeant, in that the portion dealing with the acanthomorphitic acritarchs is not intuitive and not based on the comparison of quantitative, dependently variable characters, but tries to be objective and is founded on the comparison of discontinuously variable, independent and qualitative characters.

The morphologic characteristics of acanthomorphitic vesicles, available in normal, routine palynologic work, are reviewed. The features considered are: the central portion of the vesicle; the processes; the vesicles wall and its construction; the sculpture of vesicle wall; and pylomes and their corresponding opercula.

In one of the last paragraphs of the first part of this paper, the proposed morphological classification of acanthomorphitic acritarchs is briefly outlined with the aid of a few selected examples from the region studied and from other areas.

In the second part of the paper, characters of non-acanthomorphitic acritarchs are reviewed. This supergroup is more heterogenous than the supergroup of the acanthomorphitic acritarchs. As mos of Downie, Evitt, and Sarjeant's classification system for the no-acanthomorphitic acritarchs is based on independently variable, qualitative characters, it needs to be only slightly modified to become stable morphologic classification. It is usable for reference taxonomy, provided the system be considered purely morphological, and not «natural».

In the systematic portion of the second part of the paper, three new taxa are proposed and described, viz.: *Cymatiosphaera enamorada*; *Baltisphaeridium hermosum*; and *Poikilofusa oblanguae*. The examples used in this study are illustrated and taxonomic information pertaining these is given.

In paragraph 13 of the first part of the paper, a summary in English of the first twelve paragraphs may be found.

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En 1961 iniciamos una investigación sobre el Silúrico y el Devónico en las Montañas Cantábricas de Palencia, Asturias y León, y de la región costera de Asturias cerca de Gijón, en el Noroeste de España. Nuestros estudios han revelado la presencia de un gran número de niveles estratigráficos que son prolíferos en microfósiles palinológicos. La microfloras que hemos encontrado, consisten en acritarcas, quitinozoas, esporas y esporomorfias, y escolocodontes.

La estratigrafía de la región estudiada ya no presenta grandes problemas estratigráficos gracias a los estudios llevados a cabo por geólogos españoles y extranjeros como Mallada (1887), Kegel (1930), Comte (de 1934 a 1959), Hernández Sampelayo (1942), Gómez de Larena (1950), Radig (1959), Llopis Lladó (de 1958 a 1964) y Wagner (1962).

El análisis palinológico de las microfloras silúricas y devónicas muestra la presencia de varios

taxos de acritarcas, quitinozoas y esporas, útiles para la estratigrafía de la región, permitiendo la identificación de capas en las cuales los megafósiles son escasos o están ausentes. Nuestras investigaciones palinológicas, completadas por el estudio de la literatura acerca de la palinología de otras regiones de edad comparable con la zona cántabro-asturiana, nos han permitido obtener una idea bastante completa de la taxonomía de los microfósiles que componen las floras silúricas y devónicas españolas.

Los autores han adaptado muchos de los términos utilizados en el presente estudio, de la Publicación número 6, titulada: «Phenetic and Phylogenetic Classification», publicada por The Systematic Association, Londres, Inglaterra. [ref. bibl. in litt.]. Gran número de las ideas esbozadas en el presente estudio fueron derivadas directa o indirectamente de artículos por Heywood; Blackwelder; Delevoryas; Edward y Gavalli-Sforza; Silvestri y Hill; Kendrick y Meeuwse, todos editados en la mencionada publicación.

2. INFORMACIÓ ESTRATIGRÁFICA

En casi todas las litologías del Silúrico y Devónico se encuentran niveles fosilíferos. La presente información se limita a presentar una síntesis de los resultados de los análisis palinológicos del Silúrico Medio y Superior de León y Asturias. Una nota preliminar sobre las quitinozoas del Llando-veriense Superior hasta el Gedinniense Inferior de la región entre los ríos Bernesga y Luna en la provincia de León, ha sido publicada por Cramer en 1966. Los primeros resultados del estudio del microplancton de las formaciones de Formigoso, San Pedro, y La Vid (terminología de Comte, 1959), dando cuenta de las acritarcas y las quitinozoas de la parte central de las Montañas Cantábricas en León, fueron publicados anteriormente por Cramer en 1963, 1964, 1965, 1966 y 1967. En fecha próxima publicaremos un trabajo detallado mostrando las correlaciones palinológicas entre los distintos afloramientos del Silúrico Medio y Superior de toda la región estudiada, y una comparación de las microfloras españolas con las norteamericanas. Después, pensamos publicar los resultados detallados de los análisis palinológicos del Siegeniense hasta el Givetense de León y Asturias. Una nota preliminar sobre las características generales de la palinología de las mencionadas partes de la columna estratigráfica ha sido presentada en un trabajo que actualmente está en prensa (Cramer, 1967).

En toda la región estudiada, la columna estratigráfica del Silúrico consta de sedimentos predominantemente clásticos. La porción inferior de la columna, que es de edad Llando-veriense Superior hasta, quizás, Wenlockiense, se compone de una alternancia de pizarras oscuras con areniscas o cuarcitas finas. La preservación de las acritarcas en esta parte es tan deficiente que apenas hemos incluido en el presente estudio consideraciones sobre este grupo de microfósiles.

El Wenlockiense, el Ludloviense, y quizás el Gedinniense Inferior, del área investigada, están representados por la formación de San Pedro en León, y por la formación de Furada en Asturias [= Areniscas de Cué (Barrois, 1884)]. En el presente trabajo hemos empleado indistintamente el nombre «formación de San Pedro» para ambas formaciones: la de San Pedro, y la de Furada (Cué). La formación de San Pedro está constituida por una masa de 70 a 220 metros de cuarcitas o areniscas en capas de espesor variable, alternadas con arcillas y pizarras. Las areniscas o cuarcitas son de color rojo, marrón, o blanco. Las pizarras son verdosas, marrones, o gris oscuras. En varias partes de la región se encuentra una concentración bastante elevada de minera-

les de hierro en las cuarcitas y areniscas. En su totalidad, la formación es relativamente poco variable. Sin embargo, de un afloramiento al otro puede cambiar por completo el aspecto, ya que la cantidad de arcilla proporcional a la de arenisca varía rápidamente en cortas distancias. Lo mismo tiene aplicación para la cantidad de hierro, y la posición estratigráfica de las capas de arcilla o pizarra.

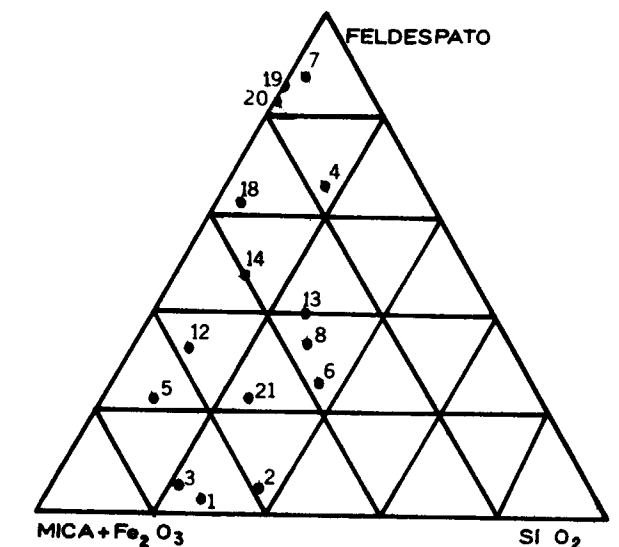


Fig. 1a.—Composición cuantitativa des grès ferrugineux du Dévonien des Asturies. Localités: 1, Alto Rebollada (entre Avilés et Gijón); 2, Corrales (route Perán-Avilés); 3, Route Avilés-Gijón, km. 82; 4, Llumeres; 5, Pic Aguilero (Avilés); 6, Candallera (S. Avilés); 7, Llumeres; 8, La Concepción (Avilés); 12, Cabruana; 13, Peñafolr (Grado); 14, La Raigada (Grado); 15, S. Román de Candamo; 18, NE. de El Cardo (Llanco); 19, Cabo Peñas; 20, Cabo Peñas; 21, Llanco, chemin de Moniello. [Según N. Llopis Lladó, 1964, fig. 1. B. R. G. M., Mém. núm. 33.]

En la figura 1 hemos reproducido el esbozo esquemático del Profesor Llopis Lladó (1963), mostrando la interrelación de las facies geológicas de la formación de San Pedro en Asturias y parte de León. Aunque no hay discontinuidades estratigráficas tan grandes que llamen la atención, toda la facies —que indudablemente representa el ambiente de alta energía de un delta al nivel del mar del tipo al que se refiere con el término inglés «fidal flat»—, indica la posibilidad de una ausencia de grandes partes cronológicas, la presencia de diastemas de considerable duración y, por consiguiente, implica condiciones de deposición y erosión rápidas. Por eso, las asociaciones derivadas de muestras de un cierto afloramiento en la región estudiada, no son directamente comparables con las muestras alejadas.

Para evitar falsas correlaciones es necesario trabajar con métodos palinológicos, como curvas de frecuencia, estableciendo la correlación sobre la evaluación de la mayor o menor similitud de unas series continuas de asociaciones, teniendo en cuenta no solamente los resultados de los análisis de las acritarcas, sino también los de las esporas y quitinozoos.

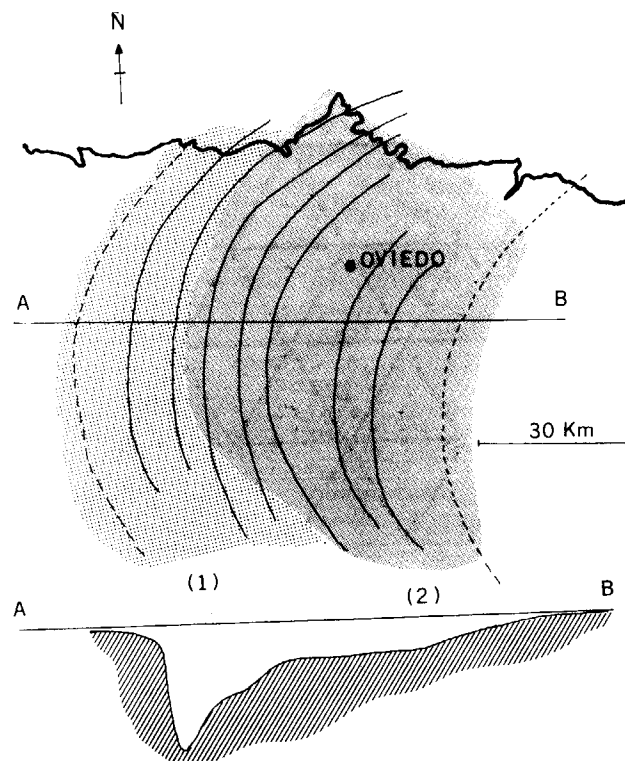


Fig. 1 b.—Essai paléogéographique du bassin gedinnien [ludloviense a gedinnien inferior, en nuestra terminología — F. H. C. y C. D. de C.] Carte des isopaques et des lithofaciés. A-B, Section du bassin après la subsidence; (1), Flysch du bassin; (2), Flysch du plateforme, région des grès ferrugineux. [Según N. Llopis Lladó, 1964, fig. 3. B. R. G. M., Mém. núm. 33.]

3. TABULACIÓN DE ACRITARCAS, ESPORAS Y QUITINOZOOS

Tanto el Ordoviciense español como el de otras partes del mundo se caracteriza por la ausencia de esporas verdaderas. (Los dibujos esquemáticos de ciertos autores rusos nos muestran esbozos de palinomorfos con unas rayas que podrían bien representar lésuras triletes, las cuales indicarían que se trata de esporas verdaderas. Sin embargo, nos preguntamos si estas líneas no son

imaginarias al igual que los canales de Marte). En general, las acritarcas ordovicienses son las formas simples de las *Acanthomorphitae*, *Herkomorphitae* y *Diacromorphitae*.

En las partes arcillosas del Silúrico cantabro-asturiano abundan los microfósiles palinológicos de muchas clases: acritarcas, quitinozoos, restos de graptolitos, escolecodontes, melanoesclerites, etc. En la formación de San Pedro, cuya edad es determinada por la presencia de megafósiles wenlockienses, ludlovienses, y quizás gedinnieneses en la parte superior (Poll, 1963), se encuentran esporas verdaderas en adición a las clases de microfósiles ya mencionadas. Las esporas son triletes y tienen una organización y escultura simples: *Punctatisporites*, *Retusotriletes*, *Anapiculoretusitriletes*, *Amocosporites*.

En gran parte de la región investigada, el Ordoviciense y el Silúrico Inferior están ausentes, dando origen a una laguna estratigráfica (Llopis, 1964). Ya que las arcillas de edad pre-llandoverriense son raras, y la preservación de los microfósiles de las pocas muestras que hemos preparado es pobre y hasta inadecuada, nos limitaremos, en la presente publicación, a la exposición de las acritarcas del Silúrico Medio y Superior. Hemos publicado datos preliminares sobre las acritarcas más frecuentes en una región situada entre los ríos Luna y Bernesga en la pendiente meridional de la Cordillera Cantábrica en León en una serie de notas. Para reducir a sumario el trabajo ya hecho, y para establecer un punto de referencia palinoestratigráfica, citaremos aquí la lista que consideramos más precisa en esta fecha, de las acritarcas más frecuentes del Llandoverriense Superior hasta el Ludloviense, o quizás, incluyendo la parte basal del Gedinnienense Inferior. Hemos indicado en la primera lista aquellos taxos que, en nuestra experiencia, son característicos de esta parte de la columna geológica, y hemos compilado en la misma lista la información sobre la presencia geológica de estos taxos en otras regiones. (La tabulación de las acritarcas no-acantomorfiticas se encuentran en la segunda parte de este estudio).

Lista de acritarcas acantomorfiticas del Silúrico del Noroeste de España, que también están presentes en otras regiones.

Baltisphaeridium Eisenack 1958, emend. Downie y Sarjeant 1963.

B. dilatispinosum Downie 1963; Wenlockiense, Inglaterra.
B. pilaris Cramer 1964; Arcilla de Rochester, Wenlockiense, parte noreste del continente americano.

B. arbusculiferum Downie 1963; Wenlockiense, Inglaterra, Nueva York, Ohio.

B. borracherosum Cramer 1964; Wenlockiense, Nueva York.

B. dedosmuertosi Cramer 1964; Wenlockiense, Ohio.

B. denticulata Stockmans y Willière 1963 (s. l.); Tarraconense, Bélgica; Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia; Wenlockiense, Inglaterra, Ohio, Nueva York; Wenlockiense?, Alabama.

B. paraguajerum Cramer 1964; Wenlockiense, Nueva York.
B. polygonale (Eisenack 1931); Silúrico, región báltica; Wenlockiense, Ohio.

B. digitatum (Eisenack 1938); Ordoviciense, región báltica; Wenlockiense?, Ohio.

B. ramusculosum (Deflandre 1945); Silúrico, Francia; Silúrico, Inglaterra; Wenlockiense, Ohio. [La especie está presente, en formaciones de edad devónica inferior, en la región cántabro-asturiana.]

Veryhachium Deunff (1954) 1958, emend. Downie y Sarjeant 1963.

V. ? carminae Cramer (1963) 1964; Wenlockiense?, Maine.
Michystridium Deflandre 1937, emend. Downie y Sarjeant 1963.

Leiofusa Eisenack 1938, restr. y emend. Staplin, Pocock, Jansonius 1965.

L. bernesgae Cramer 1964; Silúrico?, costa oriental del Canadá.

L. striatiferum Cramer 1964; Silúrico, Bélgica; Silúrico, costa oriental del Canadá; Wenlockiense, Ohio, Ontario, Nueva York.

Veryhachium trispinosum — *Michystridium vulgare* c. s.; presente en el Paleozoico, desde por lo menos el Ordoviciense.

Veryhachium trispinosum — *Veryhachium stelligerum* c. s.; Ordoviciense al Devónico Medio.

Leiofusa banderillae — *Veryhachium* spp.; Llandoverriense al Devónico Medio.

Deunffia Downie 1960.

D. monacantha (Deunff 1951) — *D. monospinosa* Downie 1960; Ordoviciense Medio, Bretaña, Francia; Wenlockiense, Inglaterra, Ohio, Nueva York.

En la nota preliminar sobre las quitinozoos del Llandoverriense Superior hasta la parte basal del Gedinnienense Inferior (Cramer, 1966), hemos tratado de las quitinozoos más frecuentes de la región entre los ríos Bernesga y Luna en la parte meridional de las Montañas Cantábricas en León. Aunque esta nota no proporcione los resultados completos, y ciertamente no describe todos los taxos de quitinozoos de dicha región, es aplicable a toda el área cantabro-asturiana [comparen Cramer (1966), de donde hemos copiado la lista de quitinozoos del presente artículo].

Lista de quitinozoos del Silúrico Medio y Superior de la región entre los ríos Bernesga y Luna, en la parte meridional de las Montañas Cantábricas en León.

Cyathochitina Eisenack 1955, restr. Jansonius 1965.

C. alata Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.

C. campanulaeformis (Eisenack 1931).

C. clathrata (Eisenack 1959).

C. cf. dispar Benoit y Taugourdeau 1961.

C. clenitae Cramer 1964.

Conochitina Eisenack (1931) 1955, restr. Jansonius 1955.

C. brevis Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.

C. edjelensis Taugourdeau 1963.

C. edjelensis elongata Taugourdeau 1963.

C. edjelensis alargada Cramer 1966.

C. ? filifera Eisenack 1931.

C. ? aff. filifera Eisenack 1931.

C. gordonensis Cramer 1964.

C. intermedia Eisenack 1955.

C. lageniformis Cramer 1966.

C. oelandica silurica Taugourdeau 1963.

C. parvidecipiens Cramer 1966.

Eremochitina Taugourdeau y De Jekhowsky 1960

E. cingulata (Eisenack 1937).

Pseudoclathrochitina Cramer 1966.

P. carmenchuae (Cramer 1964).

Desmochitina Eisenack 1931, restr. Proc. C. I. M. P. (Taugourdeau 1964).

D. elegans Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.

D. elegans corta Cramer 1964.

D. leonensis Cramer 1964.

D. ? llorona Cramer 1964.

D. margaritana Eisenack 1937.

D. minor Eisenack 1931.

D. sulcata? Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.

D. urna Eisenack 1934.

Pterochitina Eisenack 1955.

P. perivelata? (Eisenack 1937).

P. deichaii Taugourdeau 1963.

Hoegisphaera Staplin 1961.

H. accolare (Eisenack 1959).

Lagenochitina Eisenack 1931, emend. Proc. C. I. M. P. (Taugourdeau 1964).

L. vitrea (Taugourdeau 1962).

L. cf. macrostoma? Taugourdeau y De Jekhowsky 1960 (en: Béjü y Danet 1962).

Angochitina Eisenack 1931, emend. Proc. C. I. M. P. (Taugourdeau 1964).

A. bernesgae Cramer 1966.

A. calandrai Cramer 1966.

A. cisenacki Bachmann, Schmid y Prey 1964.

A. elongata Eisenack 1931.

A. filosa Eisenack 1955.

A. longicollis Eisenack 1959.

A. (Sphaerochitina) longicollis (Taugourdeau y De Jekhowsky 1960).

A. (Sphaerochitina) sphaerocephala (Eisenack 1931).

A. spinosa (Eisenack 1932).

- A. (Sphaerochitina) valentini* Cramer 1964.
A. (Sphaerochitina) valentini aspera Cramer 1964.
- Ancyrochitina* Eisenack 1955.
A. ancyrea (Eisenack 1931).
A. desmea Eisenack 1964.
A. fragilis Eisenack 1955.
A. fragilis regularis Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.
A. fragilis brevis Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.
A. moldavica Bějí y Danet 1962.
A. cf. pilosa Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.
A. primitica Eisenack 1964.
A. tumida Taugourdeau y De Jekhowsky 1960.
A. ? vanoyeni Cramer 1966.
- Plectochitina* Cramer 1964, emend. Cramer 1966.
P. carminae Cramer 1964.
P. combazii Cramer 1966.
P. rosendae Cramer 1964.
P. ? pseudoagglutinans (Taugourdeau 1963).
P. ? taugourdeauii Cramer 1966.
- Para completar las listas de acritarcas y quitinozoos en la presente publicación, citamos aquí los pocos taxos de esporas verdaderas y de esporomorfos que hemos encontrado en el Silúrico Medio y Superior del Noreste de España.
- Lista de esporas y esporomorfos del Silúrico Medio y Superior del Noroeste de España.
- Retialetes* Staplin 1960.
R. legionis Cramer 1966.
- Retusotriletes* Naumova 1953, restr. Streel 1964, Richardson 1965.
R. chulus Cramer 1966.
- Ambitisporites* Hoffmeister 1959.
A. avitus Hoffmeister 1959; Silúrico Inferior, Fezzan, Libia.
- Apiculoretospora* Streel 1964.
A. toriensis Cramer 1964.
- Anapiculatisporites* Potonié y Kremp 1956.
A. terciensis Cramer 1966.
A. ventae Cramer 1966.
- Amocosporites* Cramer 1966.
A. miserabilis Cramer 1966.
- Tetraletes* Cramer 1966.
T. granulatus Cramer 1966.
T. variabilis Cramer 1966.
- Ellipsialetes* Cramer 1966.
E. laevigatus Cramer 1966.

4. CONSIDERACIONES SOBRE LA CLASIFICACIÓN DE ACRITARCAS ACANTOMORFÍTICAS

Las acritarcas acantomorfiticas constituyen un complejo de taxos morfológicamente similares. Para reducir este complejo a unidades pequeñas y fácilmente manejables es indispensable algún sistema de clasificación que permita la referencia a formas previamente identificadas. Cada tipo de investigación tiene un sistema óptimo para clasificar los objetos estudiados. La utilidad de una clasificación queda determinada por la facilidad con que los taxos ya incorporados pueden ser reconocidos en el sistema de clasificación. Es decir, por el uso práctico que el sistema permite. Un sistema óptimo tiene un rendimiento máximo, y para nuestra finalidad el sistema óptimo debe ser como un atlas que ordene las unidades de tal manera que se pueda llegar a los binomios que caracterizan cada una de las unidades incorporadas en el sistema (o, en otras palabras, examinando la morfología de las especies), sometiéndose a las reglas según las cuales se ha organizado el atlas.

De ahora en adelante usaremos el término «especie» para referirnos a un grupo de organismos que poseen una amplia gama de características similares, diferenciándose claramente de otros grupos por la variación independiente de uno o más caracteres. Se refiere a una especie con un binomio latino.

Ya que nos hemos propuesto facilitar las referencias a formas previamente «almacenadas» en nuestro sistema, haciendo posible de esta forma la obtención de información taxonómica y geológica que cada fósil trae consigo, es irrelevante el modo de alcanzar nuestro propósito. Fácilmente se ve que un sistema inestable y variable es poco eficaz para obtener rápidamente la información deseada. El único método de establecer una clasificación estable y permanente es basarla sobre observaciones objetivas, y no sobre teorías de relaciones biológicas u otros criterios subjetivos.

Cuando en el total de las observaciones morfológicas no es atribuido ningún valor relativo a un carácter respecto a otro, se trata de observaciones objetivas que se pueden hacer al examinar las acritarcas. Debidas a su constitución física, y a la ausencia de formas recientes de este grupo de organismos, las observaciones se limitan a los caracteres morfológicos. Gracias a la objetividad con que es posible describir caracteres morfológicos, el sistema puramente morfológico puede ser permanente y estable, permitien-

do la obtención de datos independientemente de las teorías filogenéticas que ha asimilado o a las que se adhiere el investigador. En efecto, observando las reglas de la clasificación morfológica, el palinólogo puede hacer su trabajo más rápidamente y mejor si utiliza un sistema objetivo que si emplea teorías subjetivas (que por ser teorías necesariamente son objetivas).

Actualmente se está usando un sistema de clasificación, que fue llamado por sus autores, Downie, Evitt y Sarjeant, «natural». Dichos autores indican que prefieren un sistema así llamado natural, a un sistema puramente morfológico. Pues sostienen en la nota anunciando el sistema: 'An [...] advantage gained under the Botanical Code (of Nomenclature) is the flexibility in taxonomic procedure it provides by the recognition of natural genera, organ-genera, and form genera.

'Accepting the above, two principal alternative procedures for treating the [...] acritarchs are available:

'i. To treat all fossil genera, whether at present classified as dinoflagellates, hystrichospheres, acritarchs, or associate genera *incertae sedis*, as form genera referable to a single group of microfossils, maintained, as a stratigraphic convenience, regardless of the known biological affinity of some component genera. This method of treatment would parallel that adopted for fossil pollen and spores (Potonié, 1956).

'ii. To allocate genera to systematic groups according to their biological affinity, genera of uncertain affinity being placed provisionally in an *incertae sedis* grouping from which they might be removed, if their relationships were subsequently determined.

'The former alternative has the advantage of allowing the genera to be classified simply on the basis of shape, permitting a more stable taxonomy and one readily comprehensible to the nonspecialist stratigrapher (letras cursivas indicadas por los autores del presente estudio). Such a classification, however, would obscure the true biological relationships of many genera and the evolutionary history of microfossil groups. It would also run counter to general practice in paleontology where the expression of biological relationships in taxonomy has always been a major consideration.' (Páginas 5 y 6, de Downie, Evitt y Sarjeant, 1966). Queremos repetir aquí que en el presente artículo no nos referimos a los dinoflagelados o isticos-esferidios, sino a las acritarcas acantomorfiticas del Silúrico español. Es una obra arriesgada intentar la determinación de las relaciones biológicas entre taxos de un grupo polifilético y conglomerático de organismos en que la mayoría de los taxos quedan extintos desde el Devónico Superior. (O, si

se quiere incluir aquellas especies que cruzan el límite devónico-carbonífero: desde el Pérmico). El intento de aclarar las relaciones biológicas entre los taxos se concreta prácticamente al establecimiento de unas agrupaciones más o menos perfectas de formas morfológicamente similares, separadas de otras agrupaciones organizadas de la misma manera. Al sistema de agrupaciones se añade una teoría completamente subjetiva que trata de explicar las semejanzas de las formas clasificadas en la misma agrupación, asumiendo relaciones biológicas entre áreas que muestran, a juicio del autor del sistema biológico o «natural», una máxima similitud natural dentro de una agrupación.

Estas suposiciones acerca de las relaciones biológicas son ideas personales y no deben ser confundidas con pruebas científicas, que son no-existentes en el caso de las acritarcas. La intuitividad y subjetividad, asociadas a la aceptación como válida de la interpretación de los mencionados autores que sugiere que se pudieran distinguir relaciones biológicas en un sistema esencialmente morfológico, debilitan la estabilidad taxonómica de su sistema de clasificación y, en nuestra opinión, lo hace inaceptable para nuestro propósito: la referencia taxonómica. Nos apresuramos a decir, sin embargo, que aunque nuestro sistema morfológico y fenético de clasificación coincida parcialmente con el mencionado arriba, esto no significa que hemos usado caracteres parecidos al establecer el nuestro. La coincidencia refleja el gran número de criterios morfológicos que los ya nombrados autores han incorporado en su clasificación, sin utilizarlos para el establecimiento de teóricas relaciones biológicas.

La descripción objetiva de un gran número de caracteres morfológicos pertenecientes a un taxo, reduce este taxo a un código fácilmente manejable: en efecto, lo reduce a un binomio latino. Si las descripciones son adecuadas, es decir, si son objetivas, cada taxo puede volver a identificarse, sea positiva, o negativamente. Para obtener la identificación es necesario guiarse por las reglas de descripción. Una descripción objetiva y generalmente justificable se basa sobre todos los caracteres asequibles.

Los caracteres que podemos usar para la descripción y clasificación de aquellos organismos tienen que llenar con dos condiciones: 1, que sean de una naturaleza adecuada; 2, que sean fácilmente accesibles.

La posibilidad de conseguir caracteres morfológicos de las acritarcas es limitada. De todas las limitaciones, las más importantes son las impuestas por la necesidad de trabajar económica y rápidamente, examinando muchos ejemplares. Es prácticamente imposible examinar de una manera ruti-

naria una muestra de acritarcas con un microscopio electrónico, ni siquiera con un aumento de 1.800 x. de inmersión, porque cuesta demasiado tiempo. El límite superior de la obtención práctica de información morfológica depende del estado actual de la tecnología. Realmente, se encuentra cerca de un aumento de 1.200 x. Claro está, que en ejemplares carbonizados, y por lo tanto esencialmente opacos, gran número de los caracteres son invisibles. Por ello, la preservación de los microfósiles es otro de los factores que limitan la obtención de los caracteres.

La determinación de si cierto carácter tiene la naturaleza propia que lo haga aprovechable para la clasificación morfológica, es un problema más árduo, sobre el que hablaremos más extensamente en el párrafo 12. Por el momento valgan las siguientes observaciones. Observamos que, la parte más problemática de nuestro sistema es la necesidad de decidir si algún carácter es relevante o no, ya que aquí puede introducirse un factor subjetivo. Afortunadamente podemos eliminar gran parte de la subjetividad trabajando con tantos caracteres que sean accesibles (y este número tiene que ser alto) sin primero valorarlos.

En teoría, el orden según el cual se consideran, describen o codifican los caracteres que constituyen la morfología de una vesícula de una acritarca, no deben marcar ninguna diferencia para la recuperabilidad de la información obtenida durante el proceso de descripción y codificación en el sistema morfológico y fenético. En la práctica, sin embargo, hay caminos más largos o más cortos que seguir para llegar a un nivel en la clasificación donde la referencia a la forma en cuestión sea posible. Un sistema rápido de referencia es preferible en la acritarcología porque, para analizar una muestra (que no es nada más que una sola asociación), se tienen que identificar cientos de fósiles, lo que impone la necesidad de hacer muchas referencias a formas previamente descritas y clasificadas. El factor del tiempo que se emplea en hacer la referencia, se hace cada vez más importante, visto el aumento en la cantidad de información taxonómica (y geológica) que sigue un ritmo cada vez más acelerado.

En nuestro sistema de clasificación morfológica hemos reunido aquellos taxos que poseen una similitud general. Como es natural, en cualquier progresión de caracteres similares es posible encontrar caracteres transitorios, pero la experiencia nos muestra que existen discontinuidades en las regiones de coincidencia parcial entre ciertos grupos o juegos de caracteres similares. Estas discontinuidades forman límites ideales para dividir el complejo de acritarcas acantomorfiticas en unidades más pequeñas. En los párrafos siguientes demostramos que estas discontinuidades se presentan en los jue-

gos de caracteres morfológicos que poseen una variación independiente y discontinua, como por ejemplo, la fórmula de los procesos: la escultura; y la simetría en la distribución de las excrescencias sobre la pared vesicular. Demostraremos también que en muchos taxos el número de procesos y la forma de la parte central de la vesícula son juegos de caracteres interdependientes, y que caracteres como éstos pueden desprejarse para diferenciar ciertas especies erigidas sobre diferencias en el número de procesos, y en la forma de la porción central de la vesícula, si son, además, de gran semejanza con los componentes de juegos de caracteres comparados. Un ejemplo que puede aclarar esto: Comparemos los procesos de *Baltisphaeridium ramusculosum* (A) con los de *Baltisphaeridium longispinosum* (B). Estableciendo las semejanzas máximas, podemos citar los caracteres que tienen A y B en común: 1, los procesos son huecos; 2, la pared de los procesos es de una sola capa; 3, la forma del tronco es alargada y pilariforme; 4, la longitud de los procesos de A, así como la de los procesos de B, varía entre una y tres veces la medida del diámetro de la porción central de la vesícula; 5, existe una clara diferenciación morfológica entre los procesos y la parte central de ambas especies; etc. Podríamos continuar añadiendo factores similares a esta lista. Claro está, que la diferencia entre los procesos de A y B consiste en la fórmula de ramificación: los procesos de A son irregularmente ramificados con pinas y pínulas situadas en niveles irregulares en el tronco, mientras B tiene procesos simples, quizá bifurcados en su extremidad más distante. Es fácil ver que se establece rápidamente la diferenciación entre los dos taxos, expresando simplemente la diferencia máxima, o si se quiere, la semejanza mínima entre los componentes de los juegos de caracteres comparados. En este último procedimiento se necesita nada más que una sola operación para diferenciar los procesos de A de los de B.

Como corolario de lo anteriormente expuesto, resumiremos que el método más rápido para descubrir discontinuidades entre las acritarcas acantomorfiticas consiste en la determinación de diferencias máximas entre juegos de caracteres comparables como: la estructura y escultura de la pared vesicular; la fórmula de los procesos, etc. Los caracteres de los juegos comparados que no varían en los taxos comparados, o los caracteres que son dependientemente variables, carecen de importancia práctica para la clasificación de aquellos taxos, y podrán por consiguiente omitirse en nuestras consideraciones relativas a la clasificación de los mismos, una vez que su naturaleza haya quedado establecida.

Caracteres cualitativos son aquellos caracteres

que varían de un organismo a otro, o de un grupo de organismos similares a otro grupo. Este tipo de caracteres muestra una variabilidad independiente (por ejemplo, los caracteres que determinan la forma de los procesos: troncos pilariformes de procesos en *Baltisphaeridium pilaris*, comparados con troncos cónicos en *Baltisphaeridium polygonale*), o una variabilidad discontinua (como por ejemplo, la escultura equinada comparada con la verrucada; o paredes con o sin mesoderma).

Caracteres cuantitativos son aquellos caracteres que pueden ser identificados por algún sistema numérico (como por ejemplo, el número de procesos; medidas de elementos esculturales; el diámetro de la parte central de la vesícula, etc.).

En los párrafos siguientes veremos que los caracteres cualitativos son de uso limitado en la clasificación, por su tendencia a ser dependientemente variables. Contrariamente a Downie, Evitt y Sargeant (1962), quienes usan caracteres cuantitativos y dependientemente variables en ciertas partes de su sistema clasificador (como por ejemplo, su diferenciación entre los grupos de las *Acanthomorphytae* y las *Polygonomorphytae*), nosotros basamos nuestro sistema morfológico y fenético en la comparación de caracteres que son cualitativos e independientemente variables, estableciendo así divisiones por máxima diferencia entre los taxos determinados por caracteres cualitativos.

5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE VESÍCULAS DE ACRITARCAS ACANTOMORFITICAS

Las más sobresalientes y más importantes características morfológicas de las acritarcas acantomorfiticas son:

1. La parte central de la vesícula.
2. Los procesos.
3. La pared.
4. Los pilomos y los opérculos correspondientes y otras estructuras equivalentes.
5. La escultura.

Los siguientes párrafos contienen un resumen de los rasgos sobresalientes de las características mencionadas más arriba, que serán examinadas como sigue:

5-1. La parte central de la vesícula

Como se infiere de la definición del término, la parte central de la vesícula de una acritarca acantomorfitica está siempre presente. La parte central consiste en la vesícula entera menos los procesos y todas las demás excrescencias de la pared, que modifican en un alto grado la circunferencia de la vesícula. Hay autores que llaman a la parte central de la vesícula «el cuerpo» o «el cuerpo cen-

tral», pero estos términos nos parecen menos adecuados porque podrían presentar ambigüedad en las descripciones. Por ejemplo, en *Baltisphaeridium pilaris* suele estar presente un quiste interno. Por analogía a la terminología que ciertos autores suelen utilizar en sus consideraciones morfológicas de dinoflagelados e isticoesferidios, podría referirse a los quistes de *Baltisphaeridium pilaris* como «cuerpo central». En este caso no hay término para la porción central de la vesícula, el término «cuerpo central», quedando ocupado por el quiste interno. Proponemos el término «parte central (de la vesícula)» o «porción central» para aquella unidad morfológica.

La parte central de la vesícula de taxos morfológicamente extremos tiene la tendencia a ser esférica, diferenciándose claramente de los procesos. En la figura 2 la sombra indica la parte central.

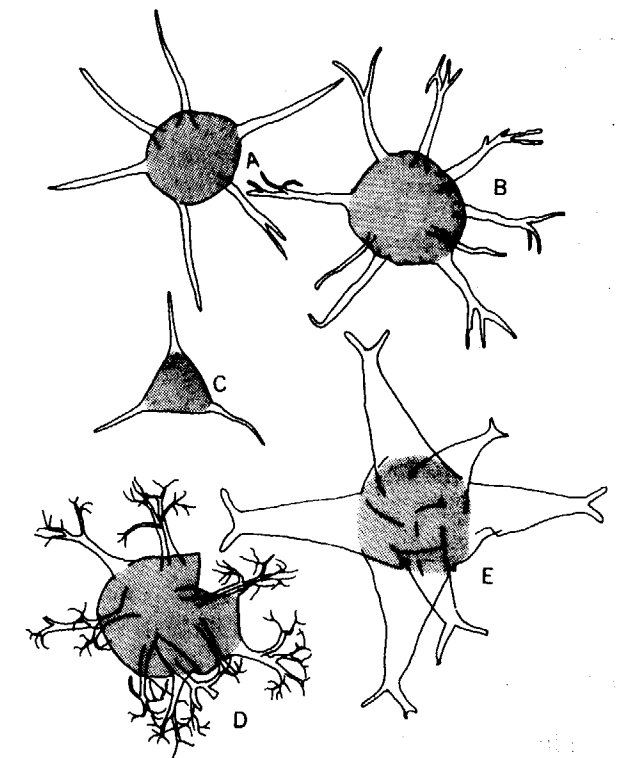


Fig. 2.—Características morfológicas de vesículas de acritarcas acantomorfiticas. [Morphologic characteristics of acanthomorphic acritarchs.] [Las áreas oscuras indican la parte central de la vesícula.] 1, *Baltisphaeridium ramusculosum*; arcillas de Maplewood, Wenlockiense, Nueva York. 2, *Baltisphaeridium digitatum*; formación de Hoeglint, Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia. 3, *Veryhachium trispinosum*; formación de San Pedro, Ludloviense, España. 4 y 5, *Baltisphaeridium* sp.; arcillas de Rochester, Wenlockiense, Nueva York.

No hay dificultad ninguna para determinar cuál es cada una de las partes de *Baltisphaeridium ramulosum*, porque la anchura y el ángulo basal de los procesos de esta especie son relativamente pequeños, mientras el número de procesos es bastante alto. Al aumentar la anchura y el ángulo basal, resulta geoméricamente más difícil diferenciar las dos partes de las vesículas en términos morfológicos. El número de procesos de la mayoría de los taxos es un parámetro determinativo que influye en la morfología de la parte central. Lo contrario no es admisible, como puede observarse en *Baltisphaeridium digitatum*, en que estos caracteres son bastante variables. El número de procesos varía de cinco a más de veinte, y también los demás caracteres tienen una variación, aunque menos pronunciada. La fórmula de los procesos (que el complejo total de caracteres que determinan el modo de ramificar, el número y localización de las pinas y pínulas, etc.), queda prácticamente constante en esta especie, y por consiguiente, constituye un medio independiente para definir el taxo. Las microfotos de las láminas XVI y XVII ilustran claramente la variación morfológica resultante de la variación de estos caracteres.

Varios taxos muestran una diferencia de escultura (y quizá de estructura) entre la parte central y las demás áreas de la vesícula. Como ejemplos mencionamos la parte central de la vesícula de *Baltisphaeridium pilaris*, que tiene una escultura verrugada, mientras los procesos son prácticamente lisos. Otro ejemplo nos da *Baltisphaeridium triplodermum*, que aparentemente tiene una mesoderma nervada en la parte central de los procesos, mientras la mesoderma nervada está ausente en el resto de la vesícula.

5-2. Los procesos: consideraciones generales

Los procesos son excrescencias que brotan de la pared de las vesículas y que modifican la periferia de la parte central. Los procesos suelen ser huecos (al menos originalmente), y la cavidad de la parte central continúa en ellos sin interrupción a través de alguna estructura separadora que puede estar cerrada o abierta, y que llamaremos «el diafragma». Entre otros caracteres, la fórmula y el número de procesos determinan la morfología de la parte central.

5-3. La pared: consideraciones generales

La pared es la parte exterior del organismo que envuelve el protoplasma. La pared puede estar constituida por una o más capas, generalmente dos o tres. La ectoderma es la capa geoméricamente más externa. La mesoderma es la del medio, y la

endoderma es la capa geoméricamente más interna.

Si la vesícula es esculturada, la ectoderma suele ser la capa que más elementos escultores tiene, mientras la endoderma suele ser más o menos lisa, aunque, a veces, muestra una microestructura característica. En los pocos taxos con mesoderma, ésta suele tener una configuración óptica que sugiere la presencia de «nervios» ordenados en un patrón longitudinal.

5-4. Los pilomos: consideraciones generales

En el material español, sólo en taxos similares a *Baltisphaeridium carinosum*, *Baltisphaeridium pilaris*, y *Baltisphaeridium escobaides*, hay pilomos con opérculos correspondientes. Los pilomos son agujeros aproximadamente circulares en la pared de la parte central de la vesícula. Los pilomos tienen un tamaño constante y característico para el taxo en cuestión. Posiblemente a causa de la atrición de la vesícula después de la formación del pilomo, su circunferencia puede tener un aspecto irregular, mostrando grietas radiales que se originan en la periferia del pilomo. Correspondientes a los pilomos, tanto en estructura como en la fórmula de los procesos, son los opérculos. Los opérculos suelen llevar un número constante y característico de procesos.

En su nota presentada en el Congreso de la C. I. M. P. (1966), W. R. Evitt (*in litt.*) ha sugerido que las suturas en ciertos ejemplares de *Veryhachium* spp. son análogas al sistema pilomo-opérculo de ciertas especies de *Baltisphaeridium*.

En 1965, Cramer ha ilustrado y descrito las suturas características de *Leiobernesque*. Estas suturas son directamente comparables a los pilomos «rajados» descritos por Evitt en *Veryhachium* spp., y al sistema pilomo verdadero-opérculo de ciertas especies de *Baltisphaeridium*.

5-5. La escultura: consideraciones generales

Según Potonié, y Faegri e Iverson, cuyo concepto hemos adaptado en nuestro trabajo, la escultura se refiere a las características externas de la capa exterior de la pared, sin considerar la construcción interna de los elementos esculturales.

Resulta bastante difícil definir el complejo de los caracteres a los que hacemos referencia como «escultura», sin dar lugar a ambigüedades o excepciones. El término «escultura» cubre el complejo de elementos esculturales de la vesícula. Los elementos esculturales quedan determinados por los caracteres que dominan la variación fenotípica de los elementos esculturales. La escultura está formada por todas las clases de excrescencias centrifugales presentes en la ectoderma, incluyendo

elementos esculturales como: espinas, equinas, vellos, muros, etc. Los elementos esculturales no modifican sensiblemente la forma de la cavidad vesicular. Los elementos son, en general, sólidos, o tienen una cavidad basal que es pequeña en comparación con la cavidad de la porción central de la vesícula o de los procesos. Los elementos esculturales son ópticamente prolongaciones de la ectoderma, o lo que es lo mismo: la porción morfológicamente más significativa de los elementos esculturales es ópticamente continuadora de la ectoderma. Si los elementos esculturales son relativamente largos (digamos, aproximadamente 5 μ o más), a veces se presenta en ellos una pequeña cavidad basal que es geoméricamente continuadora de la cavidad central de la vesícula. Comparados con los procesos, los elementos esculturales son estructuras pequeñas.

6. LA MORFOLOGÍA EXTERNA DE LOS PROCESOS

Los procesos son ramificados o sencillos. El tipo más simple de un proceso sencillo es una protuberancia hueca de la ectoderma en forma de una aguja cónica que contiene parte del protoplasma del organismo original. Los procesos pueden ser: 1, enteramente huecos; 2, enteramente sólidos; 3, huecos en la porción basal y sólidos en la porción distal. No se han dado a conocer taxos con procesos originalmente sólidos en la parte basal y huecos en la porción distal. (En ciertos ejemplares de *Baltisphaeridium hermosum* están presentes algunos procesos con las tres cuartas partes basales sólidas. Nos parece que la solidez es una cualidad producida quizás por la fosilización).

Los procesos sencillos, así como los ramificados, están cerrados distalmente; al menos, no son mencionados en la literatura procesos con aberturas distales que no sean accidentales. Nuestras investigaciones corroboran estas observaciones.

6-1. Unión. Diafragma. Construcción interna de los procesos

Hemos llamado a la parte en que morfológicamente empieza el proceso y termina la porción central de la vesícula, la «unión». En alguno de los taxos acantomorfiticos, la unión se distingue claramente por la presencia de un diafragma, pero en otros no hay diafragma. En estos últimos taxos la función del término «unión» es auxiliar en la morfografía de la vesícula.

Un proceso hueco puede tener una construcción simple como en *Baltisphaeridium longispinosum*; *Baltisphaeridium rabiosum*; o *Veryhachium formosum*.

En un artículo sobre las acritarcas del Devónico Superior del Frankenwald, en Alemania, Sannemann (1955) describe otro tipo de unión. Citamos algunos párrafos seleccionados de su artículo:

«Sämtliche Exemplare zeigen einen doppelschaligen Aufbau. Hierbei sind alle Übergänge zwischen Exemplaren mit dickwandiger, dunkler Aussenschale und zarter, heller Inneschale und solchen bei denen die Inneschale dickwandiger ist als die Aussenschale und genau so dunkel. Je dicker

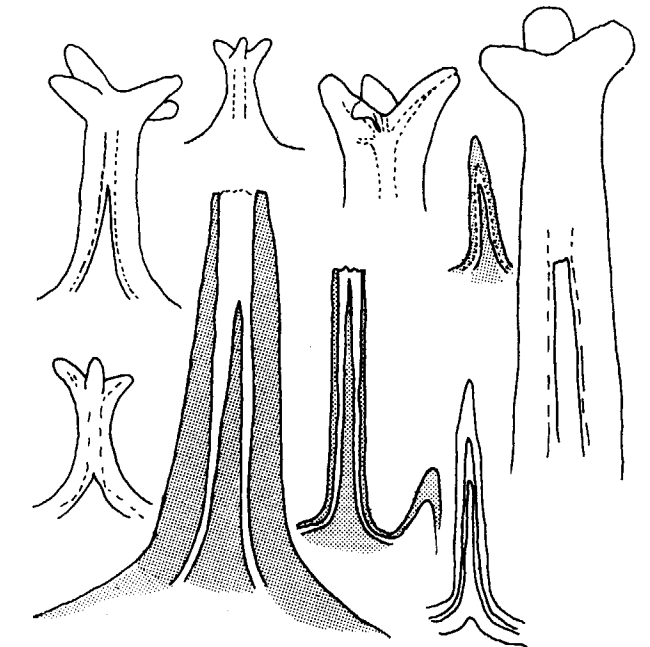


Fig. 3. Reproducción de las figuras 812, de Sannemann, 1955. [Senck. leth., 36, 5/6.] Aumento aproximadamente, 500 x.

die Inneschale wird um so weiter reichen ihre Anhänge der Aussenschale hinein. Die Anhänge der Inneschale können ebenfalls hohl sein. [...]. Die einzelnen Schalen zeigen im Dünnschliff einen feinen radialstrahligen Aufbau. [...]. Die kleinen radialen Kanälchen, wie sie von Eisenacq 1951 bei *Leiosphaera* beobachtet wurden, fanden sich in vielen Stücken. Sie durchlaufen allerdings die gazen Wand.»

Estas estructuras complicadas son mucho más largas y morfológicamente bastante distintas de las estructuras de los microfósiles que hemos encontrado en el Silúrico español. Hemos interpretado tentativamente los taxos descritos por Sannemann como diferentes de las acritarcas acantomorfiticas. Los omitiremos de nuestras consideraciones en la primera parte del presente estudio. En la segunda parte volveremos a los taxos de Sannemann.

6-2. El patrón de ramificación. La fórmula de los procesos.

No hay diferencia fundamental de construcción entre los procesos sencillos y los procesos ramificados. Hemos llamado a la porción perpendicular, no-ramificada de los procesos que nace de la parte central de la vesícula, «el tronco». Las ramas de primer orden son las pinas; las primeras ramas de las pinas son las pínulas de primer orden; y las primeras ramas de las pínulas de primer orden son las pínulas del segundo orden, etc. El conjunto de tronco, pinas, pínulas de primer orden, de segundo

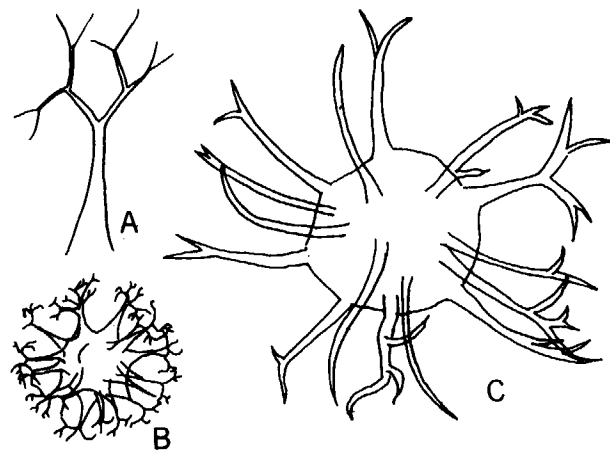


Fig. 4.—A-B, *Baltisphaeridium paraguaferum*; Emsiense, León, España. Procesos ramificados. [Branched processes.] C, *Baltisphaeridium* sp.; Niagarensis, Nueva York. Combinación de procesos sencillos y ramificados. [simple and branched processes combined.]

orden, etc., constituye el proceso ramificado. Un proceso que no tiene pinas es un proceso sencillo. Las ramificaciones (pinas y pínulas) forman una configuración (o patrón), que es regular o irregular. A una configuración como la de *Baltisphaeridium paraguaferum* la llamamos un patrón regular de ramificación. La configuración irregular de la ramificación como se encuentra en *Baltisphaeridium ramusculosum* forma un patrón irregular.

Si las ramas están presentes solamente en la porción distal del tronco, constanding de un solo juego de pinas (más eventualmente las pínulas correspondientes), podemos hablar de un patrón palmado. En los taxos con ramificación palmada, el número de pinas suele variar entre límites bastante próximos: generalmente entre dos y diez, siendo más frecuentes los taxos que tienen de dos a cinco pinas palmadas. *Baltisphaeridium paleozoicum*, *Baltisphaeridium trifurcatum*, y *Baltisphaeridium microfurca-*

tum, son ejemplos de taxos con un patrón de ramificación palmado.

La forma del troco es relativamente constante en aquellos taxos establecidos sobre un gran número de caracteres independientes y complementarios; es independiente también del modo de ramificarse. En la mayoría de los taxos que hemos examinado, el ángulo basal del cono que expresa geométricamente la forma de los procesos, es un carácter constante, invariable, o variable entre extremos próximos.

El ángulo con que las pinas se separan del tronco, o las pínulas de las pinas, es notablemente constante, y parece ser característico de los taxos en cuestión.

Por eso, la fórmula de los procesos (que se componen del modo de ramificar, el número de pinas y pínulas, el ángulo basal, la forma del tronco, y la talla relativa de los componentes de los procesos: el complejo de caracteres estables e independientes que determinan la morfología de los procesos), tiene valor taxonómico.

Un tronco cilíndrico (que es un tronco con un ángulo basal de aproximadamente 90°) está presente en *Baltisphaeridium microfurcatum*. Un tronco netamente cónico (ángulo basal entre 75° y 60°) con pinas anchas en un patrón palmado, se encuentra en *Veryhachium visbyense*. Un tronco clavado (que es un elemento procesal de forma similar a los elementos esculturales del pólen de *Ilex*), con pinas palmadas, es característico de *Baltisphaeridium hermosum*.

En el patrón que hemos llamado «ramificación maniforme», las pinas están situadas principalmente en la parte distal de los procesos, aunque algunas suelen encontrarse también en niveles del tronco morfológicamente más bajos. Las pinas de la porción distal de los procesos tienen una configuración semejante a los dedos de una mano cuando están juntos. Las pinas son aproximadamente paralelas al eje longitudinal de los procesos. El patrón de ramificación de todos los taxos que presentan este tipo de ramificación es irregular. Los procesos tienen generalmente un ángulo basal de aproximadamente 90°, y son más o menos cilíndricos. *Baltisphaeridium denticulatum* es un taxo que muestra claramente el patrón maniforme.

En la configuración que hemos llamado «ramificación lobulada», se encuentran las pinas en mayor número, en la porción distal del tronco, aunque excepcionalmente, unas pocas pueden estar situadas en niveles más bajos del tronco. Este modo de ramificación varía de muy complejo (como en algunos ejemplares de *Baltisphaeridium pilaris*) a simple (como en *Baltisphaeridium dilatispinosum*). En general, en el taxo últimamente mencionado, aparecen solamente de una a tres pinas. No hay refe-

rencias en la literatura publicada, a configuraciones transitorias (ni hemos encontrado en el material español tales configuraciones), entre formas con procesos puramente clavados y procesos con pinas lobuladas. En todos los ejemplares de *Baltisphaeridium dilatispinosum* y *Baltisphaeridium pilaris* que hemos examinado, las pinas son distintamente aplanadas. No estamos seguros si la aplanación es un carácter original, o si es debida a compresión durante la fosilización. Sin embargo, todo el aspecto de la invariable presencia de pinas aplanadas sugiere que se trata de un carácter original. Los procesos clavados suelen ser simétricos, paralelos al eje longitudinal de los procesos. Dichos procesos tienen un aspecto distinto de los lóbulos aplanados de la ramificación lobulosa, que es difícil de describir.

7. ESTRUCTURA DE LA PARED

La estructura de la pared se puede definir como el conjunto de los caracteres que constituyen la pared que rodea el protoplasma de los organismos que solemos llamar acritarcas acantomorfiticas. La estructura incluye tales caracteres como el número de capas de la pared; la susceptibilidad a los colorantes; la resistencia a la oxidación; la rigidez; la uniformidad, etc. Claro está que hay muchos más caracteres que determinan la estructura de la pared, pero ya que todos aquellos caracteres no son mesurables en una investigación rutinaria, no son de gran uso práctico para la taxonomía. Muchos de los caracteres arriba citados, posiblemente todos, son o cualitativos e invariables, o cualitativos y discontinuamente variables en taxos establecidos sobre la similitud general de caracteres complementarios. Por consiguiente, los caracteres de la estructura de la pared, y el fenotipo derivado de ellos, constituyen medios excelentes para la clasificación y referencia taxonómica.

La estructura de la pared puede ser uniforme para el complejo entero de caracteres que componen la pared, o uniforme para uno o dos de los caracteres. Morfológicamente, se puede distinguir paredes compuestas de una capa sola, de dos capas, o de más de dos capas. La terminología para estas configuraciones es respectivamente «pared sencilla», «pared doble» y «pared compleja». La «ectoderma» es la capa interior de una pared doble o compleja. Si la estructura de una capa es uniforme, es decir, si no se pueden observar diferencias prácticas en la composición de una región a otra, decimos que la estructura tiene una altura simétrica estructural. Si existen diferencias en las capas, éstas tienen entonces una baja simetría estructural. La simetría estructural, aunque características de los taxos en cuestión, es un carácter

variable y cuantitativo. *Veryhachium rosendae* c. s., *Baltisphaeridium polygonale* c. s. y *Myrhystridium vulgare* c. s. tienen una alta simetría estructural de la ectoderma. (Con la notación «c. s.» indicamos que el taxo mencionado es componente de una serie transicional que incluye taxos adicionales cuyos caracteres son cuantitativos y variables).

La variabilidad de cualquiera de los caracteres que definen la estructura de la pared puede causar una desuniformidad en la estructura.

Hay taxos en los que una porción de la pared puede ser doble, mientras el resto es sencilla. Esta diferencia cuantitativa es discontinua. Se presenta, por ejemplo, en *Baltisphaeridium pilaris*, como una simple diferencia entre la pared doble de la porción central y pared sencilla de los procesos.

La discontinuidad puede presentarse como una ligera o pronunciada diferencia de color entre las capas de la pared. *Baltisphaeridium hermosum* tiene una endoderma que es poco transparente y de color café. La ectoderma que compone los procesos y que probablemente envuelve también la endoderma de la parte central, es transparente y prácticamente incolora.

Una diferencia de susceptibilidad a los colorantes de las distintas capas de la pared pueden indicar un carácter discontinuamente variable. *Baltisphaeridium longispinosum*, de la parte superior de las pizarras de Sylvan (Ordovicense Superior), en Oklahoma y de las formaciones equivalentes en los Estados adyacentes centrales de los Estados Unidos, demuestra esta susceptibilidad diferenciada cuando los microfósiles son oxidados ligeramente en peróxido de hidrógeno (5 por 100) después de flotación en una mezcla de bromuro de cinc y agua (p. c. = 2,0), y colorados, primero con azafranina y después con azul de metileno. Después de la coloración, la parte central de la pared de algunos ejemplares muestra claramente la presencia de dos capas; sin embargo, no se observa ninguna discontinuidad óptica antes de colorarlos. Los procesos son sencillos. La construcción del diafragma no se puede discernir.

Hasta la fecha no ha sido publicada ninguna información sobre acritarcas acantomorfiticas que poseen una pared doble de construcción uniforme, que esté presente en toda la vesícula. La discontinuidad en el número de las capas de la pared no se limita a dos y una (porción central doble, procesos sencillos). La parte central compleja, siempre tiene por lo menos una capa más que los procesos. Según nuestra experiencia, la pared de los procesos de todos los taxos que hemos examinado; es una continuación de la ectoderma de la pared compleja. No hemos observado en ninguno de los casos, que la mesoderma de la parte central de la

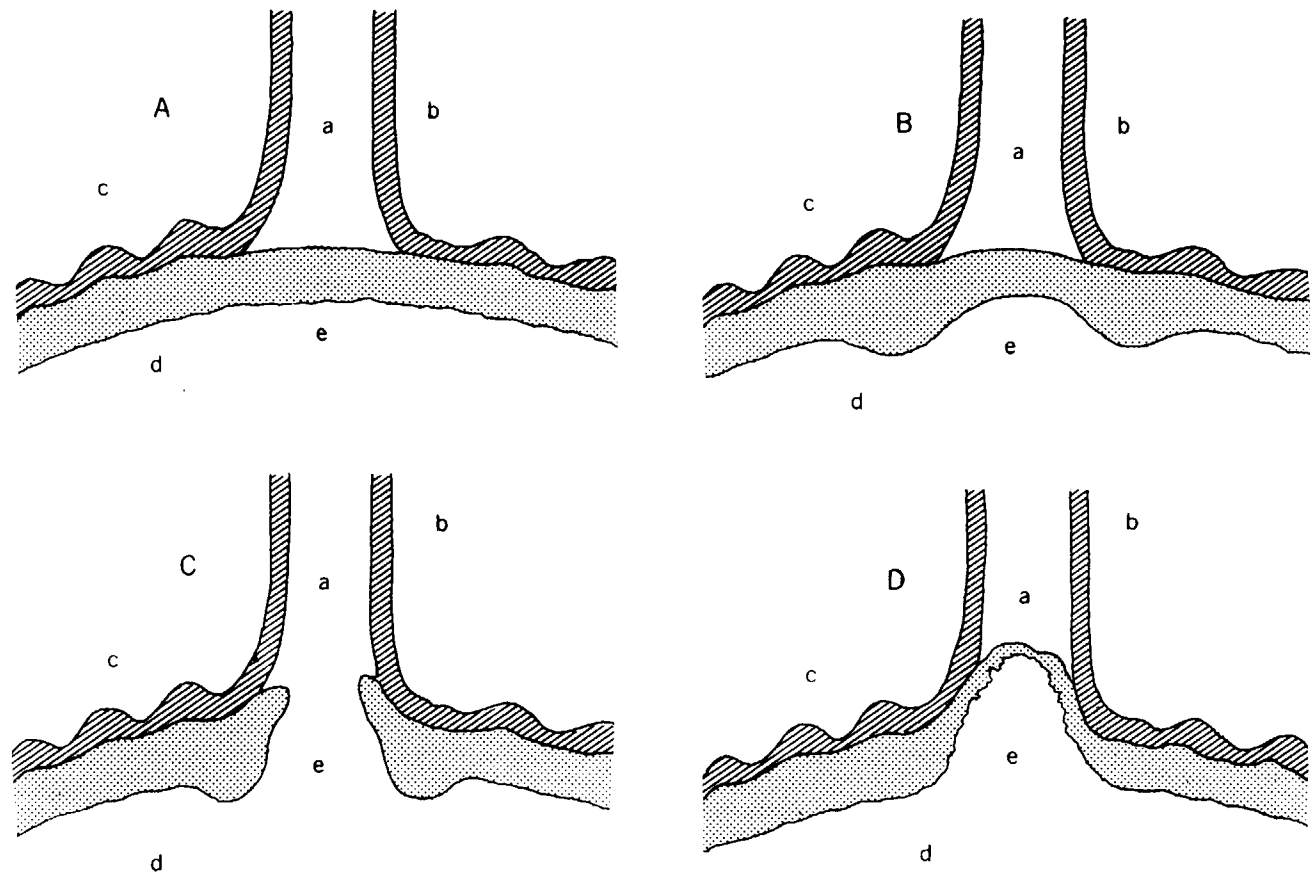


Fig. 5.—A, diafragma simple; B, desarrollo incipiente de la perforación o lumen del diafragma. [Incipient development of the lumen in the diaphragm] C, Diafragma perforado; D, diafragma abombado. [Domed diaphragm]; a, cavidad procesal [process cavity]; b, ectoderma del proceso [process ectoderm]; c, ectoderma de la parte central de la vesícula [ectoderm of the central portion of the vesicle]; d, endoderma; e, área de la unión.

vesícula forme la capa exterior de los procesos.

En el área donde se originan los procesos se distinguen varios caracteres. Hemos dado el término de «unión» a dicha área. Las características básicas de los tres tipos de unión son:

1. La cavidad de la parte central de la vesícula comunica directamente con la cavidad de los procesos.

2. Las cavidades se comunican por un lumen en el diafragma, o las cavidades están separadas por un diafragma no-perforado.

3. Los procesos son sólidos.

Los procesos filosos y sólidos no son fundamentalmente diferentes a los elementos filosos esculturales. Aquellos son simplemente excrecencias de la ectoderma, y no hay estructura especial en el área de contacto de los procesos y la parte central de la vesícula.

Llamamos «unión simple» al primer tipo de unión de la lista anterior. Hay uniones simples en *Mi-*

crhystridium vulgare, y en *Baltisphaeridium ramusculosum*. El que no hayan sido descritas uniones complicadas en formas de pared sencilla, no quiere decir que no existen uniones simples en taxos con paredes complejas, como podemos observar en *Baltisphaeridium longispinosum*.

Ya que muchos ejemplares de un mismo taxo con pared compleja muestran toda clase de estructura transicional entre las uniones simples y las uniones complejas, opinamos que la unión simple es el carácter normal, y la unión compleja es la variante cualitativa y dependiente, derivada de la unión simple.

Las estructuras diafragmáticas nunca se encuentran en taxos de pared sencilla. La construcción más simple de un diafragma consta de la continuación de la endoderma en la base del proceso cuya pared está formada —según hemos dicho más arriba— por la ectoderma. El diafragma puede ser perforado o no-perforado. En el primer caso la

perforación o lumen, se sitúa aproximadamente en el centro del área intraprocésal de la ectoderma que cubre la abertura basal del proceso. El tamaño del lumen varía desde casi imperceptible, hasta poco más del tamaño de la abertura del proceso. Se percibe en ciertos ejemplares, una disminución de la endoderma en el área del diafragma.

Otra característica que se encuentra en *Baltisphaeridium pilaris* es que el diafragma puede extenderse hacia adentro en la porción basal de la cavidad del proceso.

La presencia o ausencia de la unión diafragmada depende probablemente de los factores que determinan la facies geológica o la edad biológica del organismo. En este caso, la endoderma podría representar una característica de enquistamiento, quizá comparable con los quistes internos de ciertos dinoflagelados. La endoderma (y por consiguiente la unión diafragmada) constituiría un carácter cualitativo y dependiente, no teniendo más que un uso limitado para la taxonomía de referencia. Sin embargo, es de gran importancia para la interpretación de los aspectos biológicos de las acritarcas acantomorfiticas.

Taxos que frecuentemente poseen uniones complicadas son: *Baltisphaeridium dilatispinosum*, *Baltisphaeridium pilaris*, *Baltisphaeridium carinosum*, *Baltisphaeridium palidodigitatum*.

La estructura que se halla en *Eisenackidium* (ex-? *Baltisphaeridium*) *duplex*, *Eisenackidium* (ex-? *Baltisphaeridium*) *valentinum*, y taxos análogos, son algo diferentes de las estructuras exhibidas por los taxos mencionados en el párrafo anterior. La endoderma podría bien representar una estructura de enquistamiento interno, pero en adición a la endoderma y ectoderma hay aparentemente una tercera capa: la mesoderma. En *Eisenackidium valentinum* la endoderma tiene color café oscuro. La endoderma tiene una estructura micromamillada y una textura pecosa que probablemente es la expresión de diferencias de transparencia o de anchura. Parece que la ectoderma es uniforme de estructura y construcción, al menos no muestra características similares a las de la endoderma. La ectoderma es transparente y casi incolora. La mesoderma tiene aparentemente aspecto fibroso. Las fibras parecen converger hacia la región intraprocésal en la abertura de los procesos. Continúa a partir del área intraprocésal, aunque ahora en forma de distintos nervios que conectan el centro de la región intraprocésal con el punto distal de los procesos. La estructura de *Eisenackidium valentinum* c. s. es básicamente diferente de la de *Baltisphaeridium pilaris* c. s., en que la mesoderma está presente siempre en los taxos pertenecientes al primer grupo, aunque no haya quiste interno (formado por la endoderma), mientras el segundo

grupo nunca tiene mesoderma. Parece que la endoderma es un carácter secundario originado por la urgencia de enquistarse que sentía el organismo en el tiempo que estaba nadando en el mar silúrico. Por estas razones debería ser clasificado el grupo de *Eisenackidium duplex* c. s. como una entidad morfológica separada, y no como un componente de las acantomorfiticas.

8. LA ESCULTURA

La ectoderma de todos los taxos de acritarcas acantomorfiticas examinados por los autores, así como aquellos descritos en la literatura publicada y accesible, tiene una estructura intectada. La estructura intectada se caracteriza por la topografía de las excrecencias de la ectoderma que están localizadas directamente en la superficie externa de la misma, formando una continuidad óptica y quizá física con la ectoderma s. s. O sea, las excrecencias no están asentadas encima de ninguna clase de infraestructura como la que encontramos en los granos del polen tectado-reticulado de *Galeopsis tetralix*, por ejemplo.

No hay referencias a taxos acantomorfiticos con una configuración de elementos ligados, esencialmente parecida a la configuración de muros y campos que está presente en las especies de *Cymatiosphaera*. La presencia de muros es una característica raramente encontrada en las acantomorfiticas. Las excrecencias esculturales de la ectoderma de las acantomorfiticas son estructuras independientes y aisladas, como las equinas de *Baltisphaeridium denticulatum*, o como los elementos esculturales de *Baltisphaeridium longispinosum klavavense*.

La siguiente lista menciona los tipos más frecuentes encontrados en las acritarcas acantomorfiticas:

Liso: *Veryhachium formosum*.

Microescabrado (elementos hasta 1 μ): *Veryhachium* cf. *downiel*, en Cramer 1964, p. 308.

Escabro: *Micrhystridium estrellitae*.

Microrrugulado: *Veryhachium* cf. *rhomboidum*, en Vavrdova, 1965.

Regulado: *Veryhachium scabrosum*.

Estriado: Los procesos de *Baltisphaeridium traumaticum*.

Procesos filosos sódicos: *Micrhystridium aragnoides*.

Velludo (elementos esculturales filosos): *Veryhachium rosendae*.

Espinado y equinado: *Baltisphaeridium longispinosum klavavense*; *Veryhachium cazurum*.

Mamillado (= mocrorrugulado s. s.): *Veryhachium mammillatum*.

Verrugado: *Baltisphaeridium pilaris*.

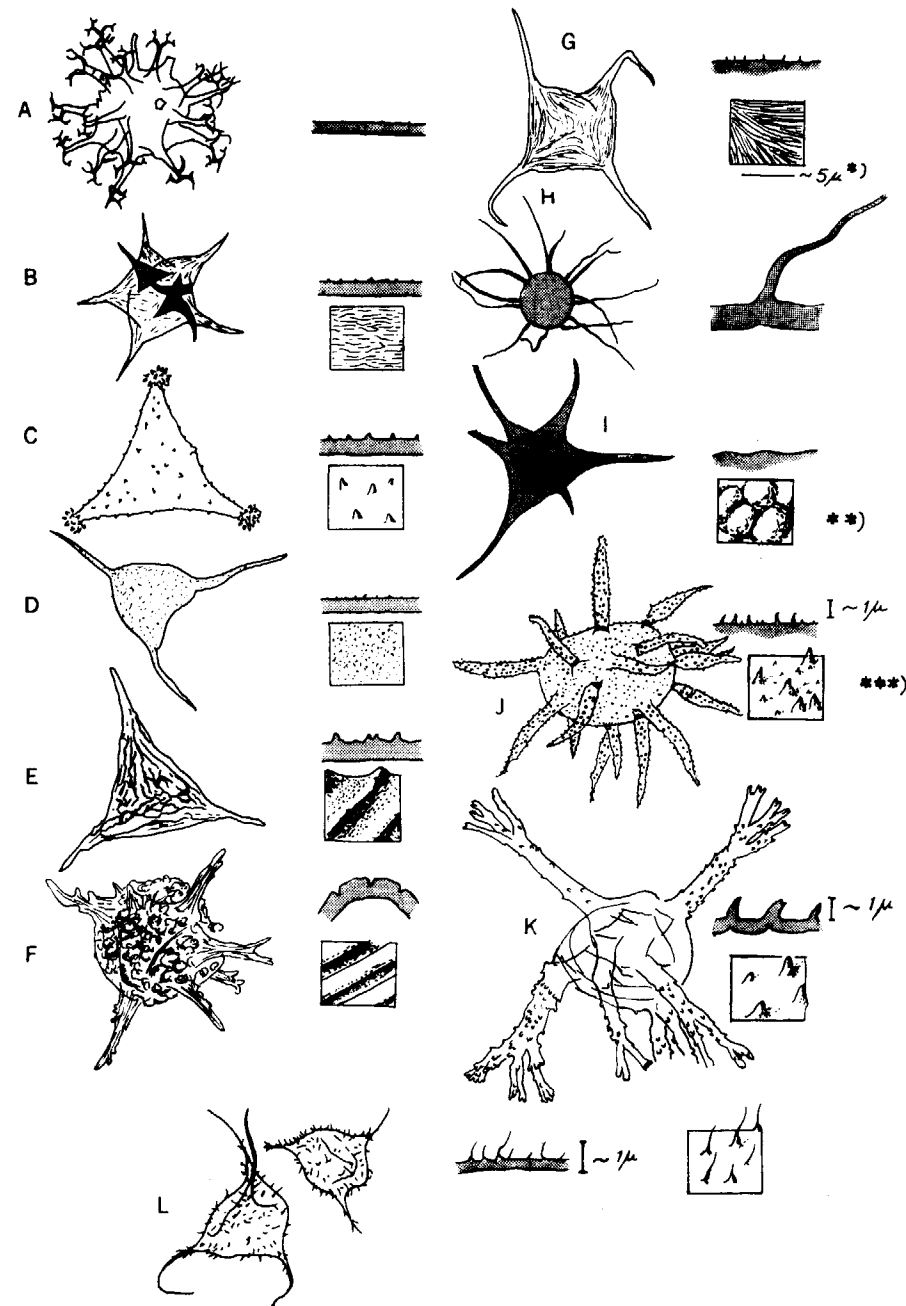


Fig. 6.—A, *Baltisphaeridium paraguayserum*. Pared lisa. [Psilate]; *Micrhystridium estrellitae*. Escultura microrrugulada. [Microrugulate sculpture]; C, *Veryhachium casurrium*. Escultura esquinada. [Echinate sculpture]; D, *Veryhachium cf. downiei*, in: Cramer 1964 a. Escultura microescabrada. [Microscabrate sculpture]; E, *Veryhachium scabratum*. Escultura rugulada. [Rugulate sculpture]; F, *Baltisphaeridium traumaticum*. Escultura estriada en los procesos. [Striate sculpture on the process walls]; G, *Veryhachium cf. rhomboidum*, en Vavrdova, 1965. Escultura microrrugulada. [Microrugulate sculpture]; H, *Micrhystridium* sp. Procesos filosos; I, *Veryhachium mammilatum*. [Según Deunff 1955 (in litt.). Escultura mamilada (= microverrucada de relieve bajo). [Mammilate sculpture (= low microverrucate sculpture)]; J, *Baltisphaeridium longispinosum klavavense*. Según Vavrdova 1965. Escultura espinada. [Spinate sculpture]; K, *Baltisphaeridium denticulatum*. Escultura espinada. [Spinate sculpture]; L, *Veryhachium rosendae*. Escultura velluda (filosa). [Filose sculpture].

* La escultura verrucada a microverrucada de *Baltisphaeridium pilaris* está ilustrada en lámina II. [The verrucate to microverrucate sculpture of *Baltisphaeridium pilaris* is illustrated in Plate II.]

9. LA SIMETRÍA EN LA DISTRIBUCIÓN DE PROCESOS Y ELEMENTOS ESCULTURALES

Existen muchos tipos de simetría en la distribución de los elementos esculturales y de los procesos. En primer lugar evaluaremos brevemente la simetría topográfica de los elementos esculturales. Después, consideraremos la simetría topográfica de los procesos.

Para simplificar nuestras consideraciones hemos supuesto que la escultura lisa es el modo normal de la ornamentación de la pared. Por consiguiente, todos los demás tipos de ornamentación son anormales y deben ser mencionados. Se entiende que, si no se cita el tipo escultural, la ectoderma es lisa (al examinarla con un aumento de 1.200 x).

Los taxos que tienen las protrusiones de la ectoderma uniformemente distribuidas sobre la vesícula entera, se clasifican en el grupo de alta simetría topográfica, o mejor dicho, en el grupo de simetría topográfica regular. En la simetría regular los elementos tienen una distribución topográfica fortuita hasta regular, sin preferencia por un sitio u otro. Simetría regular en la distribución de los elementos esculturales se encuentra en *Micrhystridium bernardinae*, mientras que simetría regular de la topografía de los procesos se encuentra en *Micrhystridium vulgare*. Toda la serie transicional de taxos morfológicamente relacionados, que unen *Micrhystridium vulgare* con *Veryhachium trispinosum* parece tener una simetría que es radialmente bipolar, y *Leiofusa banderillae* es aparentemente radial. La existencia de procesos secundarios «atrofiados» en lugares fortuitamente distribuidos en la vesícula, justifica la atribución a la clase regular de los fenotipos con un bajo número de procesos de esta serie.

Las formas con una distribución desigual, polar, o irregular en alguna manera, se clasifican en los grupos de simetría más baja. Son muy frecuentes las acritarcas acantomorfiticas con una escultura lisa o micro-esculturada. En efecto, la vasta mayoría de las acantomorfiticas pertenecen a este grupo que, en adición a una alta simetría de los elementos esculturales, casi siempre poseen una alta simetría topográfica en los procesos. No solamente los tipos esculturales compuestos de elementos relativamente pequeños tienen frecuentemente una simetría regular, sino también la mayoría de los taxos velludos o filosos tienen esta misma simetría: *Micrhystridium bernardinae* y la especie de *Veryhachium* ilustrada y descrita por F. Calandra en la circular de la C. I. M. P., con fecha de noviembre de 1964 (in litt.). *Veryhachium ceratioides* tiene una simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales.

La clase de simetría es más baja si un tipo de

elementos está presente en cierta área de la pared, y otro tipo en el resto. La combinación más frecuentemente hallada es la escultura lisa además de un tipo de escultura baja. Ejemplos de esta clase particular de simetría subregular se encuentran en *Baltisphaeridium pilaris*, que tiene la ectoderma de la parte central de la vesícula con altura uniforme de elementos verrucados, mientras los procesos son lisos hasta microgranulados. *Baltisphaeridium carinosum* posee la misma clase de simetría subregular, ya que tiene procesos lisos, y la ectoderma de la parte central con una escultura de elementos bajos. Otra combinación de la simetría subregular se encuentra en *Baltisphaeridium denticulatum*, que tiene espinas bajas en los procesos, mientras la porción central de la vesícula es consistentemente lisa.

Aunque la mayoría de las simetrías subregulares en la distribución de la escultura son del tipo: pared lisa en un área + elementos bajos en otra, esto no es una condición indispensable, como demuestra *Veryhachium casurrium*. Este taxo se caracteriza por su escultura equinada hasta microequinada, conteniendo escasos elementos en la porción central de la vesícula, y una concentración muy alta de los mismos en las partes distales de los procesos. Las dos clases de simetría regular que acabamos de mencionar son los grupos que muestran la simetría más alta de todas las acritarcas acantomorfiticas. Si el número de caracteres simétricos disminuye, podemos encontrar formas como *Lophodiacrodium pepino*. La simetría de este taxo se caracteriza por la presencia de un eje y un plano de simetría que está situado perpendicularmente al eje, resultando en una polaridad pronunciada en la distribución de los elementos esculturales. Ya que los dos polos tienen tipos de escultura idénticos, hemos llamado al grupo con la simetría topográfica semejante a la de *Lophodiacrodium pepino*, la clase de simetría «holomórfica». El subgrupo de las *Diacromorphitae* cubre la mayor parte de esta clase de simetría. También pertenecen a esta clase de simetría topográfica los taxos como *Anthractus insolitus*. Ejemplos de taxos con simetría holomórfica en la distribución de elementos esculturales, son: *Lophodiacrodium pepino*, *Lophodiacrodium dentiferum*, *Acanthodiacrodium barbullatum*.

Dasydiacrodium eichwaldi pertenece, indudablemente, al grupo de simetría axial, aunque en este taxo el plano ecuatorial ya no es plano de simetría. Podríamos llamar a la simetría del mencionado taxo «simetría axial hemimórfica». *Dasydiacrodium eichwaldi* no es el único taxo de simetría axial hemimórfica conocido: también los géneros de *Deunffia* y *Domasia* pertenecen a esta clase. Hemos ilustrado unos ejemplares seleccionados.

nados de estos géneros en las láminas X, XI y XIII.

La hemimorfía en la simetría no se restringe al grupo de simetría axial: *Baltisphaeridium dedosmuertosi* es un ejemplo perfecto de hemimorfía en la simetría regular en la distribución de los procesos.

Los contornos de los procesos sencillos de las acritarcas acantomorfiticas son similares a los elementos esculturales equinados. Los tipos de simetría son idénticos para la distribución de los elementos esculturales y para la de los procesos. Tanto en la simetría procesal como en la escultura hemos encontrado las cuatro siguientes clases de simetría: la simetría regular holomórfica, la regular hemimórfica, la simetría axial holomórfica y la axial hemimórfica. No hay simetrías subregulares en la topografía procesal. Taxos que tienen simetría regular (holomórfica) en la distribución de los procesos son: *Baltisphaeridium digitatum*, *Baltisphaeridium ramusculosum*, *Micrhystridium inconspicuum*, *Veryhachium bernardinac* y *Veryhachium rosendae*.

Veryhachium stelligerum, *Veryhachium lairdi* y *Veryhachium trispinosum* pertenecen a la clase de simetría que se caracteriza por la simetría radial y por la ausencia de procesos polares. En ausencia de otras características clasificatorias, es difícil decidir si ciertos ejemplares de *Veryhachium trispinosum* son verdaderamente unidades de una serie fenotípica de formas transitivas de la clase de simetría radial de *Veryhachium stelligerum*.

Veryhachium trispinosum es un taxo que incluye varios homólogos que son difíciles de diferenciar, ya que tienen caracteres coincidentes. Puede ser la unidad extrema del grupo de simetría radial de *Veryhachium stelligerum*; puede ser también un miembro del complejo de simetría regular de *Micrhystridium vulgare*, *Veryhachium trispinosum* y *Leiofusa banderillae*. Probablemente no puede ser un miembro del grupo que incluye *Deunffia monacantha*, porque la diferencia en el número y la topografía de procesos entre *Veryhachium* spp. y *Deunffia* spp. ocasionaría un cambio en la simetría de la distribución de los procesos. (Para más consideraciones sobre *Veryhachium trispinosum*, véase el final del párrafo 12).

Simetría radial acompañada de polaridad holomórfica se encuentra en las *Diacromorphitae*.

Acanthtractus insolitus pertenece a esta misma clase de la diacromorfiticas y no a la de las leiofusas o las poikilofusas. Estos dos taxos se caracterizan por una simetría axial y por la ausencia de procesos polares. *Leiofusa* spp. pueden interpretarse como miembros extremos de un grupo de taxos con simetría regular holomórfica en la distribución de los procesos. *Poikilofusa* spp. son

taxos con simetría radial, careciendo de procesos.

Un taxo que demuestra simetría radial acompañada por hemimorfía en la distribución de los procesos sobre la vesícula, es *Dasydiacrodium cichraaldi*. Otros son *Deunffia* spp. y *Domasia* spp.

10. UNA CLASIFICACIÓN PURAMENTE MORFOLÓGICA

En los párrafos precedentes hemos visto que la morfología de un ejemplar de cierto taxo queda determinada por un gran número de caracteres. Algunos de estos caracteres son dependiente o independientemente variables; otros son casi invariables dentro de los parámetros establecidos para la especie en cuestión. En cualquier sistema morfológico de clasificación, por ejemplo, el que empleamos para clasificar el microplacton español, ciertos juegos o combinaciones de caracteres morfológicos determinan en alto grado los fenotipos de los taxos, y por consiguiente, de importancia para determinar los lugares que estos taxos ocuparán en el sistema.

En primer término utilizaremos los caracteres que son independientemente variables para establecer los límites más importantes que dividen el complejo de acritarcas acantomorfiticas en unidades pequeñas y manejables. Aunque no podemos saber a primera vista qué carácter dentro de un juego es el dependiente, y cuál el independiente, sí podemos examinar la variabilidad fenotípica de unas especies representativas, y utilizar estos taxos como modelos. Después, aplicamos las conclusiones del examen de estos modelos a nuestro sistema.

Los caracteres aislados, que son discontinuamente variables, como por ejemplo, el número de capas de la pared vesicular, las simetrías en las distribuciones de los procesos o los elementos esculturales, o los distintos tipos de escultura, nos proporcionan los primeros medios para diferenciar un grupo de organismos de otro. La constitución de la pared nos permite establecer una primera división taxonómica entre aquellos taxos con mesoderma y taxos sin mesoderma. Esta división es muy conveniente, pues aísla los taxos como *Baltisphaeridium triplodermum* c. s. de las demás acantomorfiticas. La aparente presencia de un nervio intrapocasal, la microescultura de la endoderma de ciertas especies del complejo, la presencia de una mesoderma, son todas características que no se encuentran en las acantomorfiticas «puras» como *Baltisphaeridium ramusculosum*. Estas características acentúan la particular posición taxonómica que ocupa el grupo de *Baltisphaeridium triplodermum*. Creemos que es oportuno aislar de género *Baltisphaeridium* (y del supergrupo de acantomorfiticas en general) las especies pertenecientes al grupo de *Baltisphaeridium triplodermum*, y colocar-

las en un género separado, que llamaremos *Eisenackidium*. El nuevo género de *Eisenackidium* contendrá aquellas especies, previamente colocadas en *Baltisphaeridium*, que tienen una organización, construcción y morfología similares a las de *Eisenackidium* (ex-*Baltisphaeridium*) *triplodermum*.

Indicamos esta especie como especie típica del género. Véase Cramer, 1966 d, para una descripción más amplia de la especie típica. Los dibujos esquemáticos de Deunff (1955) indican que las especies *Eisenackidium* (ex-*Veryhachium*) *crucistellatum* y *Eisenackidium* (ex-*Veryhachium*) *spiciferum*, también pertenecen al grupo mencionado arriba. Las demás especies del nuevo género son: *Eisenackidium valentinum*, *Eisenackidium duplex* y *Eisenackidium carminae* (todos: ex-*Baltisphaeridium*).

Las distintas clases de simetría en la distribución de los procesos, así como los tipos de escultura y su distribución sobre las vesículas, nos dan criterios adicionales para dividir el complejo acantomorfitico español. Lo ilustraremos con unos ejemplos seleccionados.

En *Veryhachium scabratum* vemos que la fórmula procesal, así como la escultural, son parámetros independientes e invariables dentro de los límites del taxo. *Veryhachium scabratum* es una especie que está presente en las pizarras de la formación de San Pedro, en Asturias y León. No ha sido descrito en otras áreas. Aunque no alcanza altas frecuencias en las asociaciones de microfósiles (de menos del 1 por 100 hasta el 5 por 100), el taxo es característico de la formación, y, por consiguiente, es un fósil guía del Ludloviense español (Cramer, 1964 a 1967).

La simetría en la distribución de los procesos sobre la vesícula es regular. Los procesos son sencillos y tienen una construcción simple. No hay estructuras diafragmáticas. El número de procesos varía entre tres y ocho. Los ejemplares que más frecuentemente se encuentran en el área estudiada, tienen tres o cuatro procesos. Además de formas con procesos atrofiados, hay raros ejemplares con una bifurcación simple situada en la extremidad distal. La simetría en la distribución de los elementos esculturales es subregular: la parte central de la vesícula tiene una escultura rugulada, con los elementos esculturales agrupados en un patrón más o menos regular y típica de la especie. Los procesos son lisos. Los elementos esculturales tienen una anchura y altura de 20 μ o menos, y una longitud variable de un ejemplar a otro. En la mayoría de los ejemplares examinados existe una zona estrecha de transición que separa netamente la escultura del tipo rugulado de la parte lisa. La pared es de una capa sola: la ectoderma. El tamaño de *Veryhachium scabratum* es de 30 a 85 μ (promedio: 55 μ).

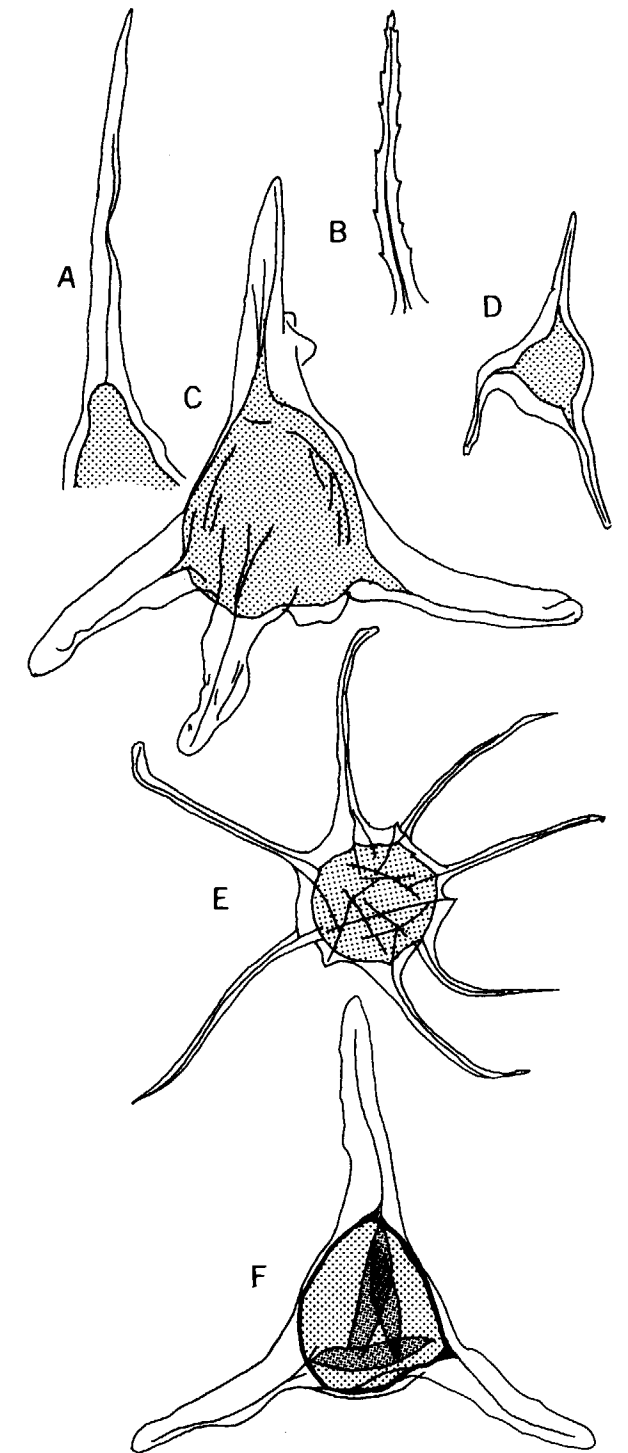


Fig. 7.—*Eisenackidium* n. g. A, *Eisenackidium crucistellatum* (Deunff). [Según Deunff, 1955 (in litt.)]; B, *Eisenackidium spiciferum* (Deunff). [Según Deunff, 1955 (in litt.)]; C, *Eisenackidium duplex* (Cramer); D, *Eisenackidium valentinum* (Cramer); E, *Eisenackidium carminae* (Cramer);

En las láminas de microfotos (números XII, XIII y XV) hemos ilustrado unos ejemplares del taxo. Aunque hemos hecho una selección del abundante material, las láminas fotográficas muestran claramente la gran variabilidad que presenta *Veryhachium scabratum*. En las láminas se ve también que la posición de los procesos es fortuita dentro de la simetría regular. La forma de la parte central de la vesícula es variable y queda determinada por el número de procesos también. Ya que ignoramos qué es lo que determina la variación numérica de los procesos, no podemos usar la forma de la parte central de la vesícula como criterio taxonómico. La posición de los procesos está determinada por la simetría en su distribución. La simetría es un factor estable. Las láminas de fotos muestran que las fórmulas de los procesos, escultura y simetría en la distribución, son caracteres invariables y mutuamente independientes. La variación numérica de los procesos determina el fenotipo de la especie, pero no influye en los demás juegos de caracteres que usaremos en la clasificación.

Es lógico escoger como criterios clasificadores aquellas características que son invariables y mutuamente independientes: la simetría, las fórmulas esculturales y procesales, que permiten el establecimiento de un estable sistema taxonómico.

En el ejemplo de *Veryhachium trispinosum*, *Micrhystridium vulgare* vemos que el número de caracteres variables que pueden dar origen a fenotipos fundamentalmente diferentes, es muy limitado. Por eso, los fenotipos de este grupo de especies que resulta de la múltiple variación de no más que unos pocos caracteres, son prácticamente indistinguibles.

El taxo de *Micrhystridium vulgare* *Veryhachium trispinosum* abunda en la mayoría de las asociaciones post-gedinnienses. Se encuentra raramente en las capas de edad wenlockiense y ludloviense de la región bajo investigación. En términos generales, la frecuencia de las especies queda entre el 0,2 y 15 por 100 en las pizarras silúricas, pero alcanza hasta el 60 por 100 en las capas del Devónico Inferior y Medio.

Si las especies de la serie *Leiofusa banderillae*, *Veryhachium trispinosum*, *Veryhachium formosum*, *Micrhystridium vulgare*, etc., son fenotipos que tienen su origen en uno o más centros de variación genotípica, los alcances geológicos de todas estas especies tienen que coincidir. En este caso es lógico que sus cambios de frecuencia en dirección lateral geográfica entre los varios cortes geológicos, o en dirección cronológica entre los diferentes niveles estratigráficos, expresan cambios en la facies de sedimentación (en el sentido más amplio de la definición de facies). Como se sabe, hay numerosos máximos en la frecuencia de las

especies. Pueden ser interpretados de más de una manera, pero ya que las especies no tienen caracteres independientes y distintivos, no podemos estar seguros de cuál es la interpretación correcta. Nuestra opinión es que hay más de un solo centro de variabilidad, estando representado cada centro genotípico como un máximo en el histograma con que podríamos ilustrar la distribución de los fenotipos o especies, en la columna geológica. Hemos descrito brevemente unos de los máximos más importantes en los siguientes párrafos.

El primer centro de variación está centrado en un grupo con un óptimo de tres o cuatro procesos. Los extremos numéricos son, en analogía a *Veryhachium rosendae* c. s., y dos y seis o siete procesos. «Especies» representativas de este grupo son ejemplares fenotípicos a los que referiremos como *Veryhachium trispinosum* y *Veryhachium europaeum*. La pérdida de todos los procesos o la presencia de un solo proceso ocasionaría un cambio de sistema simétrico. Por eso, *Deunffia monacantha* y especies similarmente organizadas no pertenecen al taxo de *Veryhachium trispinosum*, *Veryhachium europaeum*.

El segundo centro de variación (cuyos fenotipos coincidirán parcialmente con los del primero), consta de un grupo caracterizado por dos procesos polares. En los fenotipos de este grupo el número de procesos varía entre dos y tres (quizás cuatro). Los terceros y cuartos procesos suelen ser atrofiados o secundarios, aunque también formas con tres o cuatro procesos equivalentes parecen ser posibles. En el caso de la equivalencia de todos los procesos, es imposible diferenciar los fenotipos del primero y el segundo grupo.

Un grupo fenotípico, subjetivamente caracterizado por números altos de procesos —digamos, diez o más—, forma otro máximo en el histograma. Es esencialmente el grupo de especies descritas por Deflandre, Wall y Downie, Stockmans y Willière (*in litt.*), y muchos otros autores. Como hemos dicho antes, no teniendo características objetivas para diferenciar este grupo de los que describimos en los párrafos anteriores, es difícil decidir si cierto ejemplar con el fenotipo de *Veryhachium formosum* es parte del complejo cuyo número de procesos es genotípicamente cerca de 3 ó 4, o si es un fenotipo de *Micrhystridium vulgare* con un mínimo de procesos.

Análogamente, la variación en el tamaño relativo de los procesos presenta máximos en la frecuencia. Sería difícil si no imposible distinguir los verdaderos centros de variación genotípica, ya que todos los caracteres adicionales de las especies son transitivos, irrelevantes, o coincidentes. La diversidad en las fórmulas de los procesos aparente-

mente son idénticas en los diferentes genotipos y en los fenotipos derivados de ellos.

En el material español, la fórmula procesal de la «familia» de *Leiofusa berneseae*, *Veryhachium* sp. (con tres o cuatro procesos), se diferencia netamente de la fórmula del complejo de *Veryhachium trispinosum* c. s.

En la parte norteña de la región investigada, *Leiofusa berneseae* es característica de las pizarras de edad pre-gedinniense medio. (Hemos interpretado los pocos ejemplares que se encuentran en niveles irregularmente separados de las formaciones post-gedinnienses medio, como resultados de un proceso de redeposición). En el material español podemos diferenciar los dos grupos de fenotipos por el aspecto diferente de los procesos, el color de la vesícula, el ángulo destacado entre la parte central y los procesos de *Leiofusa berneseae*, y por la presencia de una sutura pilómica en muchos ejemplares. Sin embargo, no podemos diferenciar los fenotipos de este taxo que se conocen por sus tres procesos, de los ejemplares de *Veryhachium «trispinosum»* que hemos encontrado en las pizarras areniscas del Devónico Superior español, o de los ejemplares de *Veryhachium «trispinosum»* que hay en la formación de Besa River (de edad frasnense o tornaciense) en el Territorio de Yucón, en el Canadá. En ambas formaciones existen gran número de formas transitivas entre *Veryhachium trispinosum* (del primer grupo) y los fenotipos de *Leiofusa berneseae*, con tres o cuatro procesos. Sin embargo, la «forma pura» de *Leiofusa berneseae* (con dos procesos) aparentemente es característica del Silúrico, y no se encuentra en capas de edad más joven. La variación genotípica en este grupo de formas relativamente poco complicadas ha producido el mismo fenotipo en más de una ocasión. La morfología está influenciada, probablemente, por el ambiente geológico, y quizá la edad biológica del ejemplar, en adición a las variaciones genotípicas. Tenemos que concluir que los fenotipos se repiten en el sentido cronológico, ya que hay demasiados factores repetitivos que pueden modificar el fenotipo, y hay demasiado pocos caracteres morfológicos en que puede expresarse un cambio genotípico. Esta repetición genotípica tiene como resultado la presencia de numerosos homólogos, los cuales a su vez ocasionan una taxonomía inestable y por eso inútil. No podemos diferenciar de manera objetiva con los métodos palinológicos actuales, los fenotipos de este complejo. Por esta razón nos parece más concluyente clasificar todo el complejo de *Leiofusa banderillae*, *Veryhachium trispinosum*, *Micrhystridium vulgare*, dentro de una división de nuestro sistema. El aspecto del grupo mencionado, en las asociaciones puede ser precisado, indicando

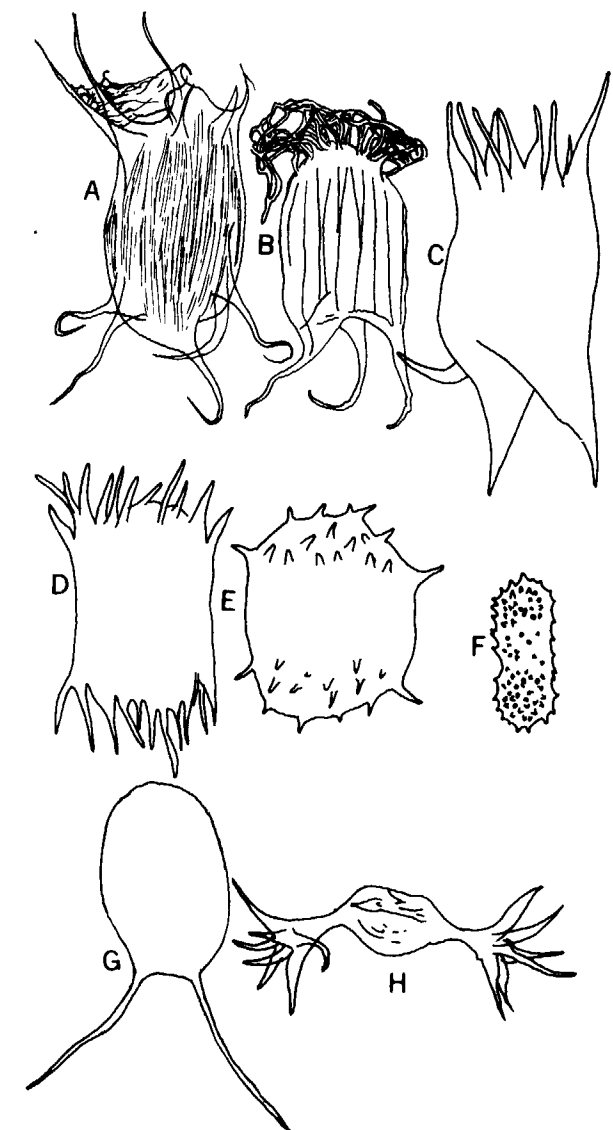


Fig. 8.—Taxos con simetría axial en la distribución de los procesos y elementos esculturales. [Taxa with axial symmetry in the distribution of processes and sculptural elements.] A, *Acanthodiarodum* sp. Según Vavrdeva 1965; B, *Dasydiarodum filamentosum*. Según Vavrdeva 1965; C, *Dasydiarodum eichwaldi*; según Timofeev, en Deflandre et al. 1962; E, *Acanthodiarodum uniforme*; según Timofeev, en Deflandre et al. 1962; F, *Lophodiarodum pepino*; G, *Deunffia bispinosa*; según Downie 1960; H, *Acanthatractus insolitus*.

los fenotipos más sobresalientes o más frecuentes. Un palinograma es un medio excelente para caracterizar el aspecto de cierta asociación o parte de ella.

Las formas con pared esculturada nos proporcionan un medio para determinar la variabilidad

		SIMETRIA EN LA DISTRIBUCION DE LOS PROCESOS					3	
		REGULAR 2 A		RADIAL 2 B	AXIAL 2 C			
		ELOMÓRFICO 2 A1	HEMIMÓRFICO 2 A2	2 B1	HOLOMÓRFICO 2 C1	HEMIMÓRFICO 2 C2		
SIMETRIA EN LA DISTRIBUCION DE LA ESCULTURA	REGULAR	LISO 1 A					A	
		VELLUDO 1 B					B	
		EQUINADO Y ESPINADO 1 C					C	
		VERRUGADO 1 D					D	
		REGULADO 1 E					A	
	SUBREGULAR	COMBINACIONES	A+B 1					B
			A+C 1					C
			A+D 1					D
			A+E 1					A
			ETC.					
DISTRIB. IRREG.						3		

PATRON DE RAMIFICACION: 3A = NO RAMIFICACION
3B = RAMIFICADA 3C = COMBINACION DE 3A+3B
3D = OTRO QUE 3A 3B O 3C.
etcétera →

Fig. 9.—Ilustración esquemática del sistema de clasificación morfológica. [Diagrammatic illustration of the morphologic system of classification.]

numérica, una vez estando fijados los parámetros del taxo por su escultura característica. *Veryhachium rosendae*, *Veryhachium bernardinae* es un taxo que tiene esta combinación de dos juegos mutua e independientemente variables: el número y forma de los procesos, y la escultura filosa. A este complejo pertenecen también: *Veryhachium leonense*, *Veryhachium helenae*, y formas transicionales. (Nos parece que los nombres de estas «especies» son útiles solamente para caracterizar los diferentes fenotipos del complejo; no tienen valor taxonómico).

Veryhachium rosendae c. s. es un taxo que se

presenta en las pizarras y margas de las formaciones de La Vid, y de Nievas, en León y Asturias, respectivamente. [La especie es aparentemente similar al taxo ilustrado por F. Calandra (C. I. M. P., noviembre, 1964, ref. bibl. in litt) del Ordoviciense del Sáhara francés. Este mismo taxo abunda localmente en las pizarras de edad ordoviciense superior de las formaciones de Sylvan, Casson, Maysville, en los Estados centrales estadounidenses. Se diferencia de *Veryhachium rosendae* c. s. por la más pronunciada regularidad del patrón que forman los elementos esculturales en la ectoderma. También la talla de los elementos es-

culturales del taxo ordoviciense es (pro medio) menor].

Veryhachium ceratioides, del Devónico Superior belga, se diferencia de *Veryhachium rosendae* c. s. por la simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales: la parte central de la vesícula es lisa, mientras que los procesos son velludos y hasta microequinados.

El taxo de *Veryhachium rosendae* c. s. no alcanza altas frecuencias en las asociaciones del área estudiada. Los niveles de aparición y extinción se desconocen actualmente; la especie parece ser característica del Siegeniense y el Emsiense del Norte de España.

La simetría en la distribución de los procesos es regular. Los procesos son sencillos, y son de construcción simple; no hay estructuras diafragmáticas. Aunque no hemos encontrado todavía tales formas, toda la construcción de *Veryhachium rosendae* c. s. indica la posibilidad de que estén presentes pilomos rajados como en *Veryhachium trispinosum* c. s. El número de procesos varía entre tres y siete. La forma de los mismos es variable: hay ejemplares con bases anchas y estrechas; el tamaño de los procesos, y el tamaño general de la vesícula varía igualmente. La simetría en la distribución de los elementos esculturales es regular, mientras que el patrón de la escultura en la ectoderma es más o menos regular. El tamaño de dichos elementos es variable: son de hasta 2 μ de largos, y de 0,3 μ o menos de anchos. La base de los elementos esculturales es ancha, y los elementos son simples y prácticamente no bifurcados. En ciertos ejemplares, sobre todo en la «especie» *Veryhachium rosendae*, hay algunos elementos de talla más larga. Las dimensiones de las vesículas de este taxo varían entre 18 y 60 μ.

Veryhachium rosendae c. s. muestra que la variación de los juegos de caracteres continuamente variables (como el número de procesos, la forma de los mismos, la talla y el patrón escultural), no influyen la simetría en la distribución de los procesos, ni de los elementos esculturales.

A este ejemplo podríamos añadir un sinnúmero de otros, ilustrando consideraciones similares sobre otros textos, complejos fenotípicos, u otras especies. Pero esperamos que los pocos que hemos expuesto, además de las láminas de microfotos en las dos partes del presente estudio, sean suficientes para ilustrar nuestro sistema de clasificación morfológica del microplacton español.

En la lista siguiente hemos colocado los taxos de acritarcas acantomorfiticas (esencialmente del Silúrico español) en sus lugares taxonómicos.

IB: Taxos con escultura velluda

IB-2A: Distribución de los procesos mostrando simetría regular (holomórfica).

IB-2A-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Veryhachium rosendae Cramer 1964 — *Veryhachium bernardinae* Cramer 1964, et al. (serie fenotípica *).

IB-2A-3B ... 3D: Ausente en las asociaciones españolas silúricas.

IC: Taxos con escultura equinada, espinada, o tipos equivalentes

IC-2A: Distribución de los procesos formando simetría regular (holomórfica).

IC-2A-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Quizás *Baltisphaeridium longispinosum klabavavense* *) pertenece a este grupo, al menos la descripción de la especie lo sugiere. Sin embargo, la ilustración original en el artículo de Vavrdova (1965), indica la simetría en la distribución de los elementos esculturales del grupo I (A + C). *2A-3A.*

IC-2A-3B: Procesos ramificados.

Veryhachium tolontolum Cramer 1964.

IC-2A-3C: Ausentes en las asociaciones españolas silúricas.

IC-2A-3C: Procesos de fórmula diferente de los mencionados en IC-2A-3A ... 3D.

Veryhachium cazurruum Cramer 1964 *).

ID: Taxos con escultura verrucada, microverrucada o tipos equivalentes

ID-2A-3A ... 3D: Ausentes en las asociaciones españolas silúricas.

IE: Taxos con escultura rugulada, microrugulada o tipos equivalentes

ID-2A-3A: Ausentes en las asociaciones españolas silúricas.

ID-2A-3B: Procesos ramificados.

Veryhachium thyrae Cramer 1964.

Veryhachium josefae Cramer 1964.

Michystridium estrellitae Cramer 1964,

ID-2A-3C y 3D: Ausentes en las asociaciones españolas silúricas.

I' Combinaciones de tipos de escultura

I (A + B): Taxos con la combinación de pared lisa (IA) y escultura velluda (IB): simetría en la distribución de los elementos esculturales, subregular

I (A + B)-2A: Distribución de los procesos mostrando simetría regular (holomórfica).

I (A + B)-2A-3A: Procesos sencillos, sin ramificación. *Veryhachium cera:ioides* Stockmans y Williére 1960*).

I (A + C): Taxos con la combinación de escultura lisa (IA) y escultura espinada, esquinada o tipos equivalentes (IC)

I (A + C)-2A: Distribución de los procesos mostrando simetría regular (holomórfica).

I (A + C) 2A 3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Baltisphaeridium longispinosum klabvavense Vavrdova 1965. Comparen IC-2A-3A.

I (A + C)-2A-3B: Procesos ramificados.

Baltisphaeridium denticulatum Stockmans y Williére 1962.

Balhisphaeridium sanpctrensis Cramer 1966.

I (A + D): Taxos con la combinación de escultura lisa (IA) y escultura rugulada, microrrugulada y tipos equivalentes (ID)

I (A + D)-2A: Distribución de los procesos mostrando simetría regular (holomórfica).

I (A + D)-2A-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Veryhachium scabratum Cramer 1964.

Veryhachium carminae Cramer (1963) 1964 quizás pertenece al grupo I (A + D)-2A-3A, aunque en ciertos ejemplares puede observarse una tercera capa de pared, situada al lado exterior de la ectoderma. La presencia de aquella capa podría necesitar la atribución de *V. carminae*.

IA: Taxos de pared lisa

IA-2B: Distribución de los procesos mostrando simetría radial.

IA-2B-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Veryhachium trispinosum — *Veryhachium stelligerum* et al. (serie fenotípica).

Solita radians (Cramer 1964).

IA-2B-3B: Procesos ramificados.

Solita radiofurcata (Cramer 1964).

IB ... ID y I (A + B ... A + E)-2A-3A ... 3D están ausentes en las asociaciones españolas de edad silúrica.

IE: Taxos con escultura rugulada, microrrugulada o tipos equivalentes

IE-2B: Distribución de los procesos mostrando simetría radial.

IE-2B-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Veryhachium carminae Cramer 1964. Comparen I(A+D)-2A-3A.

IA: Taxos de pared lisa

IA-2C: Distribución de los procesos mostrando simetría axial (holomórfica).

IA-2C-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Anthractus insolitus Deunff 1955*).

Acanthodiacrodium barbullatum Timofeev 1959*).

IB, ID y IE-2C no están presentes en las asociaciones españolas silúricas.

IC: Taxos con escultura espinada, esquinada o tipos equivalentes

IC-2C: Distribución de los procesos mostrando simetría axial (holomórfica).

IC-2C-3A: Procesos sencillos (actualmente están ausentes), sin ramificación.

Lophodiacrodium pepino Cramer 1964.

IA ... ID-2C: Distribución de los procesos mostrando simetría axial (hemimórfica).

IA-2C-3A: Procesos sencillos, sin ramificación.

Deunffia brevispinosa Downie 1960*).

Deunffia monacantha (Deunff 1951).

Domasia bispinosa Downie 1960*).

Dasydiacrodium eichwaldi Timofeev 1959*).

IA-2C-3B: Procesos ramificados.

Deunffia furcata Downie 1960*).

II. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS SELECCIONADAS

BARROIS, CH., *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*. «Mém. Soc. Géol. du Nord», II, núm. 1, 630 págs., 1882.

C. I. M. P. (Commission Internationale de la Microflora du Paléozoïque, Subgroup des Acritarchs; Secretariado: E. R. A. P., D. G. C. Laboratoires, 72 Grande Rue, 78 Chambourcy, Francia.)

CALANDRA, F., «Circulario de noviembre 1964», 1964.

CRÁMER, F. H., *Manuscrito entregado para el Congreso Palinológico en Utrecht Holanda*, septiembre 1966. [Outgrowths of the vesicle wall], 1966.

EVITT, W. R. (con la colaboración de CRÁMER, F. H.), *Manuscrito entregado para el Congreso Palinológico en Utrecht, Holanda*, septiembre 1966. [Pylomes and equivalent structures], 1966.

COMTE, P., *Recherches sur les terrains anciens de la Cordillière Cantabrique*. «Mém. Soc. Geol. y Min. de España», LX, págs. 1-440, 1959.

CRÁMER, F. H., *Nota provisional sobre la presencia de microplancton y esporomorfas en las rocas sedimentarias del Devónico Inferior en las Montañas Cantábricas*. «Estudios Geológicos», Madrid, XIX, págs. 215-218, 1963.

— — *Microplancton from three Palaeozoic Formations in the Province of León, NW Spain*. «Leidse Geol. Meded.», Holland, XXX, págs. 253-361, 1964 a.

— — *Some Acritarchs from the San Pedro Formation of the Cantabric Mountains in Spain*. «Bull. Soc. belge Geol. Hydr. Paléont.», Bruselas, LXXIII, págs. 33-38, 1964 b.

— — *Additional morphographic information on some characteristic acritarchs of the San Pedro and Furada Formation (Silurian-Devonian boundary) in León and Asturias, Spain*. «Notas y Coms. Inst. Geol. y Min. de España», LXXXV, págs. 27-48, 1965 a.

— — *Palynomorphs from the Siluro-Devonian boundary, in NW Spain*. «Notas y Coms. Inst. Geol. y Min. de España», LXXXVI, 10 págs., 1963 b.

— — *Chitinozoans from a composite section of Upper Llandoveryan to basal Lower Gedinian sediments in León, NW Spain. A preliminary note*. «Bull. Soc. belge Géol. Hydr. Paléont.», Bruselas, LXXV, págs. 66-136, 1966 a.

— — *Palynology of Silurian and Devonian rocks in north-western Spain*. «Notas y Coms. Inst. Geol. y Min. de España». (En prensa), 1966 b y 1967 a.

DEFLANDRE, G., *Palynologie, micropaléontologie et sémanitique*. «Pollen et Spores», IV, núm. 1, págs. 181-188, 1962.

DEUNFF, J., *Un microplancton fossile dévonien à Hystrichosphères du Continent Nord-Américain*. «Bull. Microsc. appliqué», Ser. II, vol. 5, núms. 11-12, págs. 138-147, 1955.

— — *Un microplancton à Hystrichosphères dans le Trémadoc du Sahara*. «Rev. Micropaléont.», vol. 4, núm. 1, págs. 37-52, 1961.

DOWNIE, CH., *Deunffia and Domasia, new genera of Hystrichosperes*. «Micropaleontology», vol. 6, núm. 2, págs. 56-71, 1960.

— — EVITT, W. R. y SARJEANI, W. A. S., *Dinoflagellates, hystrichospheres, and the classification of acritarchs*.

«Stanford. Univ. Publ., Geol. Sciences», vol. 7, núm. 3, págs. 1-16, 1963.

FAEGRI, K. e IVERSON, J., *Textbook of modern pollen analysis*. Ejnar Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 1954.

EISENACK, A., *Über Hystrichosphaerideen und andere Kleinformen aus dem baltischen Silur und Kambrium*. «Senckenbergiana», vol. 32, núms. 1-4, págs. 187-204, 1951.

GÓMEZ DE LLARENA, P. y ARANGO, C. R., *Datos para el estudio geológico de la Babia Baja (León)*. «Bol. Inst. Geol. Min. de España», LXI, págs. 81-206, 1948.

HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P., *Datos para el estudio de las Hojas del Mapa Geológico 1:50.000, Gijón (14), y Oviedo (29)*. Inst. Geol. Min. de España, 1944.

KEGEL, W., *Das Gottlandium in den Kantabrischen Ketten Nordspaniens*. «Zeitschr. Deutsch. Geol. Gesellschaf.», 81 (1929), págs. 35-62, 1930.

LLÓPIS LLADÓ, N., *Los reasgos morfológicos y geológicos de la Cordillera Cantabro-asturica*. «Trab. Mem. Lab. Geol. Univ. Oviedo», II, 1-2, págs. 9-51, 1951.

— — *Sur le Dévonien des Asturies (Espagne)*. «Mém. Bur. Rech. Geol. et Min.», Paris, Mém. núm. 13, 15 págs., 1964.

POLL, K., *Zur Stratigraphie des Altpaläozoikums von Belmonte (Asturien, Nordspanien)*. «N. Jb. Geol. u. Paläont. Abh.», 117, págs. 235-250, 1963.

SANNEMANN, D., *Hystrichosphaerideen aus dem Gottlandium und Mittel-Devon des Frankenwaldes und ihr Feinbau*. «Senck. Leth.», vol. 36, núm. 5-6, págs. 321-346, 1955.

STOCKMANS, F. y WILLIÈRE, C., *Hystrichosphères du Dévonien belge. (Sondage de l'Asile d'aliénés à Tournai)*. «Senck. leth.», vol. 4, núm. 1-6, págs. 1-11, 1960.

— — *Hystrichosphères du Dévonien belge. (Sondage de l'Asile d'aliénés à Tournai)*. «Bull. Soc. belge Géol., Hydr. et Paléont.», vol. LXXI, págs. 41-77, 1962 a.

MALLADA, L., *Explicación del Mapa Geológico de España. III. Sistemas Devónico y Carbonífero*. «Mem. Com. Mapa Geol. de España», págs. 1-415 (2.^a ed., 1927), 1898.

POTONÉ, R., *Zur Mikrobotanik der Kohlen und ihrer Verwandten. I Zur Morphologie der fossilen Pollen und Sporen*. «Arb. Inst. f. Paläobot. u. Petrogr. Brennsteines», 4-5, 1934.

RADIG, F., *Zur Stratigraphie des Devons in Asturien (Nordspanien)*. «Geol. Rundschau», 51 (1961), págs. 249-267, 1961.

— — *Hystrichosphères du Dévonien belge. (Sondage de Wépion)*. «Bull. Soc. belge Géol., Hydr. et Paléont.», vol. LXXI, págs. 83-99, 1962 b.

— — *Les hystrichosphères ou mieux les Acritarches du Silurien belge. Sondage de la Brasserie Lust à Courtrai (Kortrijk)*. «Bull. Soc. belge Géol., Hydr. et Paléont.», vol. LXXI, págs. 450-481, 1963.

SYSTEMATICS ASSOCIATION, THE, *Phenetic and Phylogenetic Classification*. «Publicación núm. 6, c/o British Museum (Natural History), Cromwell Road, Londres, S. W. 7, Inglaterra, 1964.

La publicación contiene publicaciones por:

HEYWOOD, BLACKWELDER, DELEVORYAS, EDWARDS y GAVALLI-SFORZA, SILVSTRY y HILL, KENDRICK, y MEEUWSE, citadas en el presente estudio.

STAPLIN, F. L., JANSONIUS, J. y POCOCK, S. A. J., *Evaluation of some Acritarchous Hystrichosphere Genera*. «N. Jb. Geol. Paläont. Abh.», 123, núm. 2, págs. 167-201, 1965.

VAVRDOVA, M., *Ordovician Acritarchs from Central Bohemia*. «Zv'astni Otisk Vestniku Ustredniho Ustavo Geologického», vol. XL, núm. 5, págs. 35-357, 1965.

WALL, D. y DOWNIE, CH., *Permian hystrichospheres from Britain*. «Palaeontology», vol. 5, núm. 4, págs. 770-784, 1963.

WAGNER, R. H., *A general account of the Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga (León, NW. Spain)*. «Bol. Ints. Geol. y Min. de España», LXXIV, págs. 1-159, 1963.

Recibido: 25-II-67.

LÁMINA I.

1. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Parte central de la vesícula de pared doble; procesos de pared sencilla.

[Wall of the central portion of the vesicle bilayered; processes unlayered.]



LÁMINA II.



2. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales: la parte central de la vesícula tiene escultura microverrucada hasta verrucada; los procesos son lisos. El patrón de la ramificación es palmado hasta lobulado. La diferencia en color y transparencia entre la parte central y los procesos es causada por la presencia de la endoderma trasluciente en la parte central (¿quiste interno?).

[Subregular symmetry in the distribution of sculptural elements: the central portion of the vesicle is microverrucate to verrucate; the processes are psilate. The branching pattern of the processes is palmate to lobulate. The difference in transparency and color between the central portion and the processes, is caused by the presence of the translucent endoderm in the central portion (internal cyst?).]

LÁMINA III.



3. *Poikilofusa oblanquae* n. sp.; Ludloviense, Oblanca de Luna, León, España.

4-7. *Baltisphaeridium hermosum* n. sp.; Ludloviense, Oblanca de Luna, León, España. El tronco de los procesos es clavado; el patrón de ramificación es palmado. La presencia de la endoderma trasluciente causa la diferencia en color y transparencia entre los procesos y la parte central de la vesícula.

LÁMINA I.

1. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Parte central de la vesícula de pared doble; procesos de pared sencilla.

[Wall of the central portion of the vesicle bilayered; processes unlayered.]

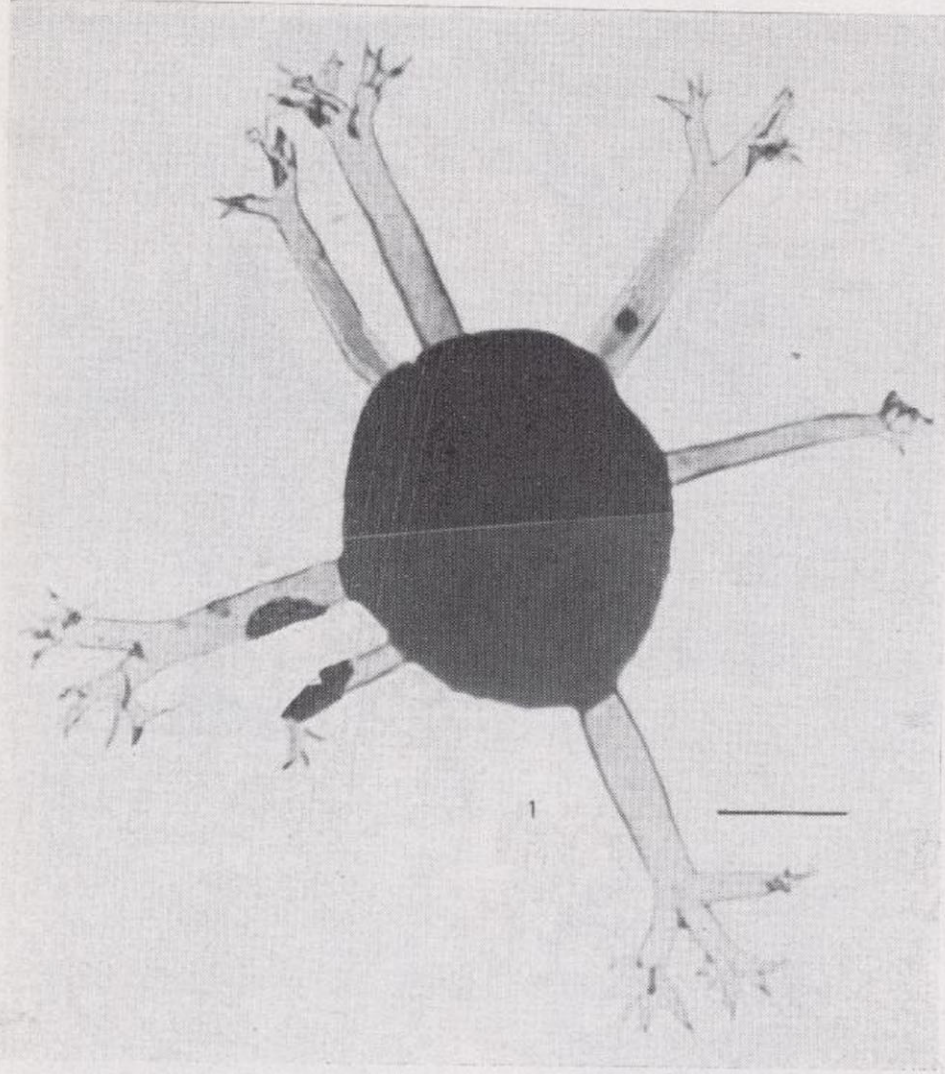


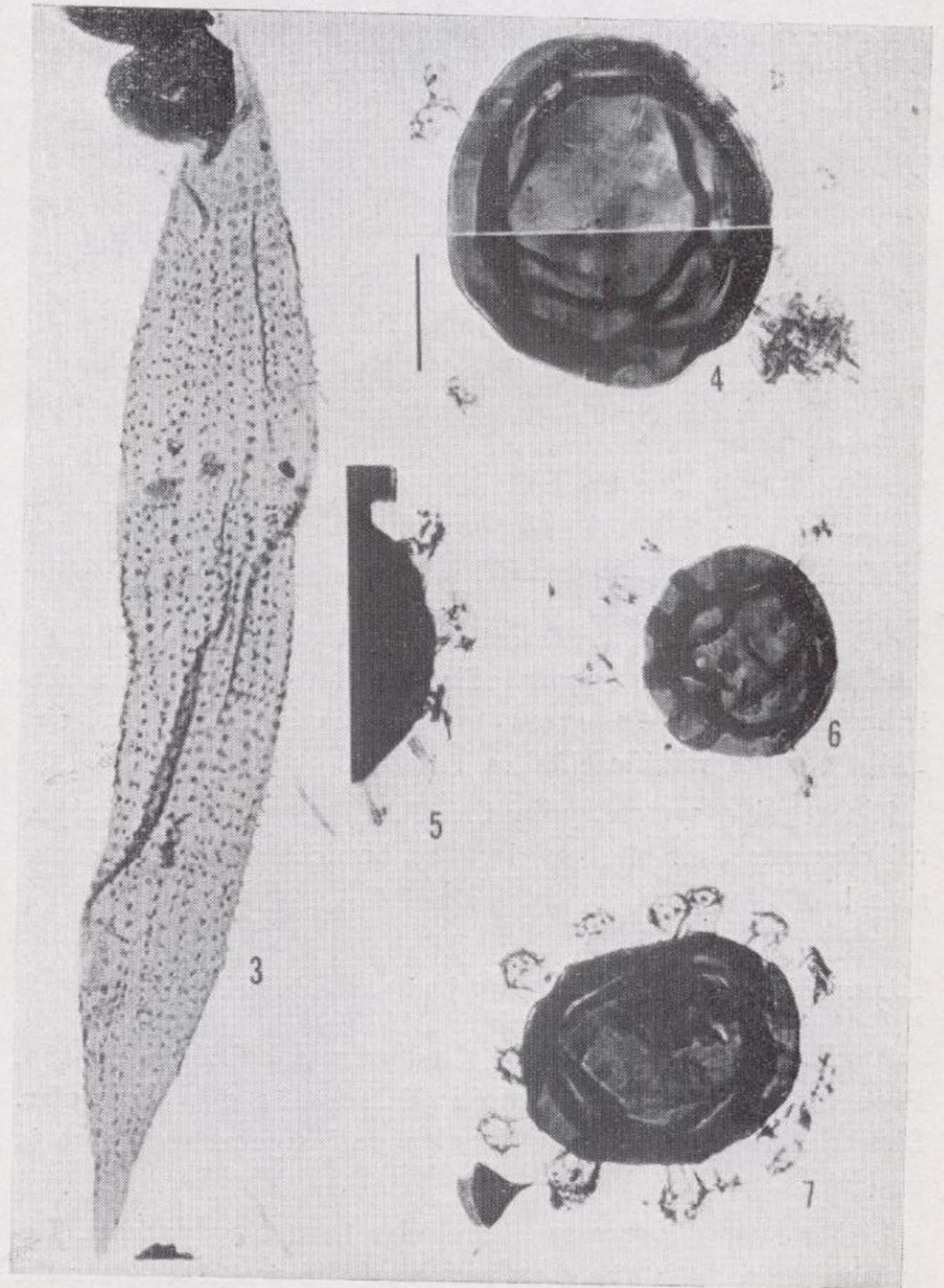
LÁMINA II.



2. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales: la parte central de la vesícula tiene escultura microverrucada hasta verrucada; los procesos son lisos. El patrón de la ramificación es palmado hasta lobulado. La diferencia en color y transparencia entre la parte central y los procesos es causada por la presencia de la endoderma transluciente en la parte central (¿quiste interno?).

[Subregular symmetry in the distribution of sculptural elements: the central portion of the vesicle is microverrucate to verrucate; the processes are psilate. The branching pattern of the processes is palmate to lobulate. The difference in transparency and color between the central portion and the processes, is caused by the presence of the translucent endoderm in the central portion (internal cyst?).]

LÁMINA III.

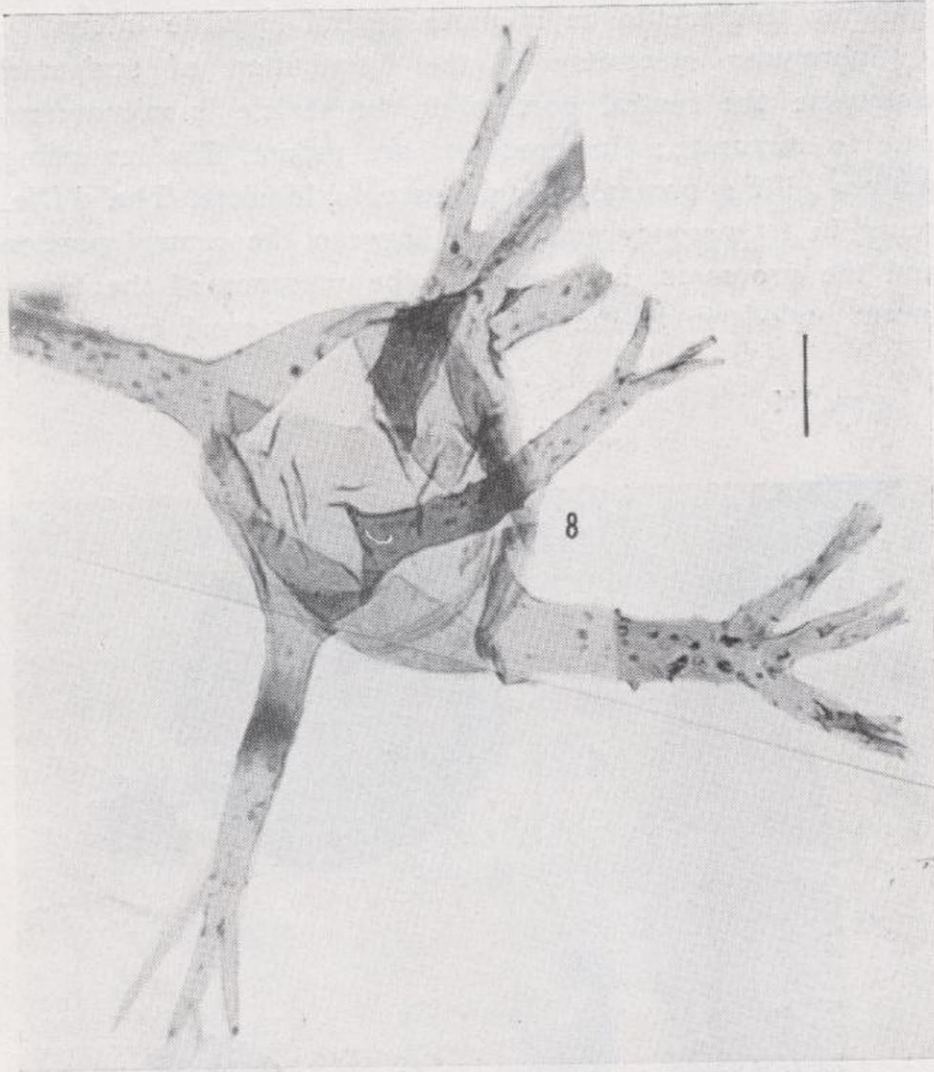


3. *Poikilofusa oblanquae* n. sp.; Ludloviense, Oblanca de Luna, León, España.

4-7. *Baltisphaeridium hermosum* n. sp.; Ludloviense, Oblanca de Luna, León, España. El tronco de los procesos es clavado; el patrón de ramificación es palmado. La presencia de la endoderma transluciente causa la diferencia en color y transparencia entre los procesos y la parte central de la vesícula.

[The stem of the processes is clavate; the branching pattern is palmate. The presence of the dark, translucent endoderm causes the difference in color and transparency between the processes and the central portion of the vesicle.]

LÁMINA IV.



8. *Baltisphaeridium denticulatum* (Stockmans y Willièere); Ludloviense, León, España. Simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales sobre la vesícula. El patrón de ramificación es manado.

[Subregular symmetry in the distribution of the sculptural elements over the vesicle. The branching pattern is manate.]

LÁMINA V. (Retocada — retouched.)

9. *Baltisphaeridium* sp.; Ludloviense, León, España. Procesos pilariformes; patrón de ramificación irregular. Simetría regular en la distribución de los procesos sobre la vesícula.

[Pillar shaped processes; irregular branching pattern. Regular symmetry in the distribution of the processes over the vesicle.]

10. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Patrón de ramificación palmado.

[Palmate branching pattern.]

11. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Patrón de ramificación lobulado.

[Lobate branching pattern.]

12. *Baltisphaeridium palidodigitatum* Cramer; Emsiense,

León, España. Patrón de ramificación palmado. Nótese el área oscura que indica la presencia de una unión diafragma da entre la cavidad de la parte central y la del proceso.

[Palmate branching pattern. Notice the dark area showing the presence of a diafragmatic union between the central cavity and the process cavity.]

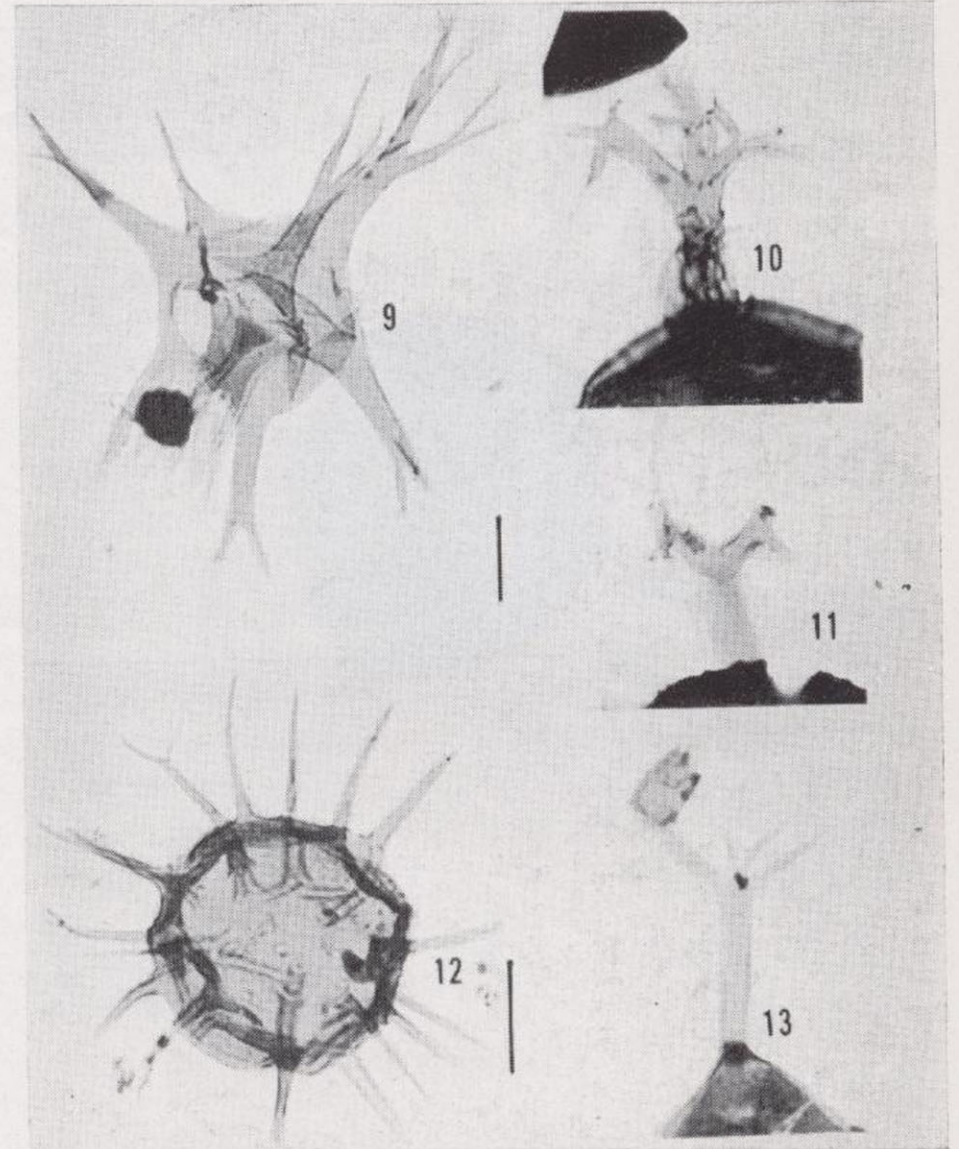


LÁMINA VI. (Retocada — retouched.)

14. *Michystridium* sp.; Emsiense Superior, León, España. Procesos filosos.

[Filose processes.]

15. *Baltisphaeridium* cf. *ramusculosum* (Deflandre); Ludloviense Superior, León, España. Patrón de ramificación irregular.

[Irregular branching pattern.]

16. *Baltisphaeridium toyetae* Cramer; Emsiense, León, España. Procesos con patrón de ramificación palmado.

[Processes with palmate branching pattern.]

17. *Baltisphaeridium longispinosum* (Eisenack); Ordovicense Superior, Ohio, EE. UU. Unión de simple construcción. La construcción se acentúa por la presencia de aire en la cavidad de la vesícula. Las manchas negras son trozos de material carbonizado.

[Union of simple construction. The construction is accentuated by the presence of air in the vesicle cavity. The black spots are pieces of carbonized material not removed in the preparation of the sample.]

[The stem of the processes is clavate; the branching pattern is palmate. The presence of the dark, translucent endoderm causes the difference in color and transparency between the processes and the central portion of the vesicle.]

LÁMINA IV.



8. *Baltisphaeridium denticulatum* (Stockmans y Willière); Ludloviense, León, España. Simetría subregular en la distribución de los elementos esculturales sobre la vesícula. El patrón de ramificación es manado.

[Subregular symmetry in the distribution of the sculptural elements over the vesicle. The branching pattern is manate.]

LÁMINA V. (Retocada — retouched.)

9. *Baltisphaeridium* sp.; Ludloviense, León, España. Procesos pilariformes; patrón de ramificación irregular. Simetría regular en la distribución de los procesos sobre la vesícula.

[Pillar shaped processes; irregular branching pattern. Regular symmetry in the distribution of the processes over the vesicle.]

10. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Patrón de ramificación palmado.

[Palmate branching pattern.]

11. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense, León, España. Patrón de ramificación lobulado.

[Lobate branching pattern.]

12. *Baltisphaeridium palidodigitatum* Cramer; Emsiense,

León, España. Patrón de ramificación palmado. Nótese el área oscura que indica la presencia de una unión diafragmada entre la cavidad de la parte central y la del proceso.

[Palmate branching pattern. Notice the dark area showing the presence of a diaphragmatic union between the central cavity and the process cavity.]

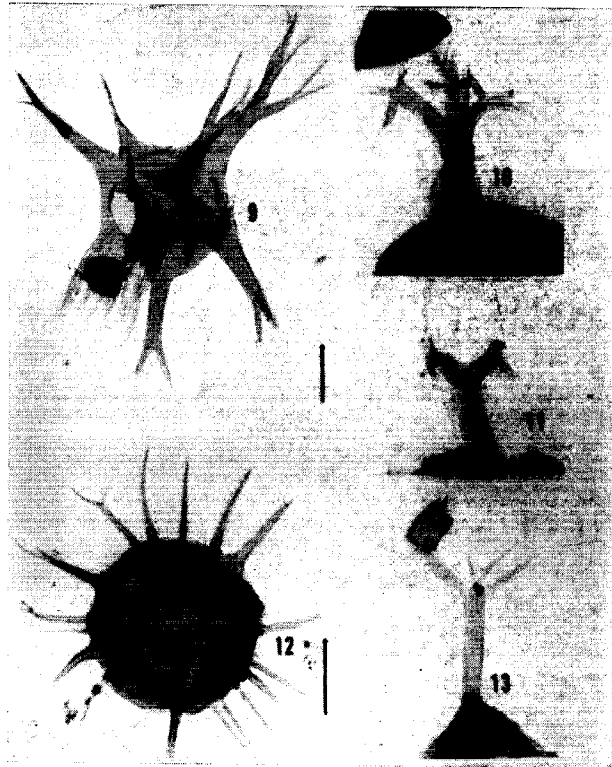


LÁMINA VI. (Retocada — retouched.)

14. *Michhystridium* sp.; Emsiense Superior, León, España. Procesos filosos.

[Filose processes.]

15. *Baltisphaeridium* cf. *ramusculosum* (Deflandre); Ludloviense Superior, León, España. Patrón de ramificación irregular.

[Irregular branching pattern.]

16. *Baltisphaeridium toyetae* Cramer; Emsiense, León, España. Procesos con patrón de ramificación palmado.

[Processes with palmate branching pattern.]

17. *Baltisphaeridium longispinosum* (Eisenack); Ordovicense Superior, Ohio, EE. UU. Unión de simple construcción. La construcción se acentúa por la presencia de aire en la cavidad de la vesícula. Las manchas negras son trozos de material carbonizado.

[Union of simple construction. The construction is accentuated by the presence of air in the vesicle cavity. The black spots are pieces of carbonized material not removed in the preparation of the sample.]

18. *Baltisphaeridium* cf. *ramusculosum* (Deflandre); Ludloviense Superior, León, España. Proceso cónico; patrón de ramificación relativamente irregular. Transición gradual entre el área morfográfica de la parte central de la vesícula y el proceso. Unión simple, sin diafragma.

[Conical process with a relatively irregular branching pattern. Gradual transition between the morphographic area of the central portion of the vesicle and the process. Simple union, without diaphragm.]

19. *Baltisphaeridium longispinosum* (Eisenack); Ordovicense Superior, Oklahoma, EE. UU. Unión diafragmada.

[Diaphragmatic union.]

20. Idem.

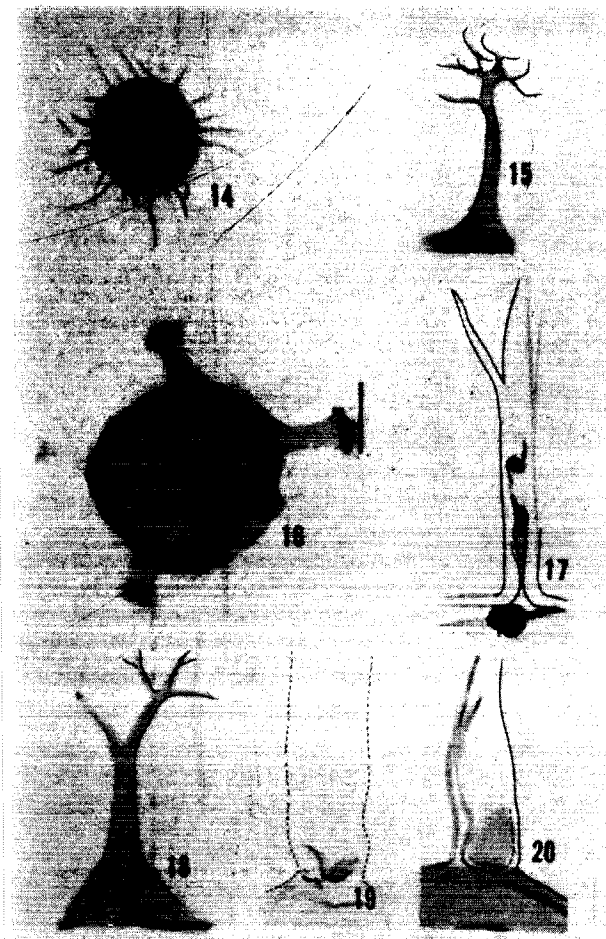


LÁMINA VII. (Retocada — retouched.)

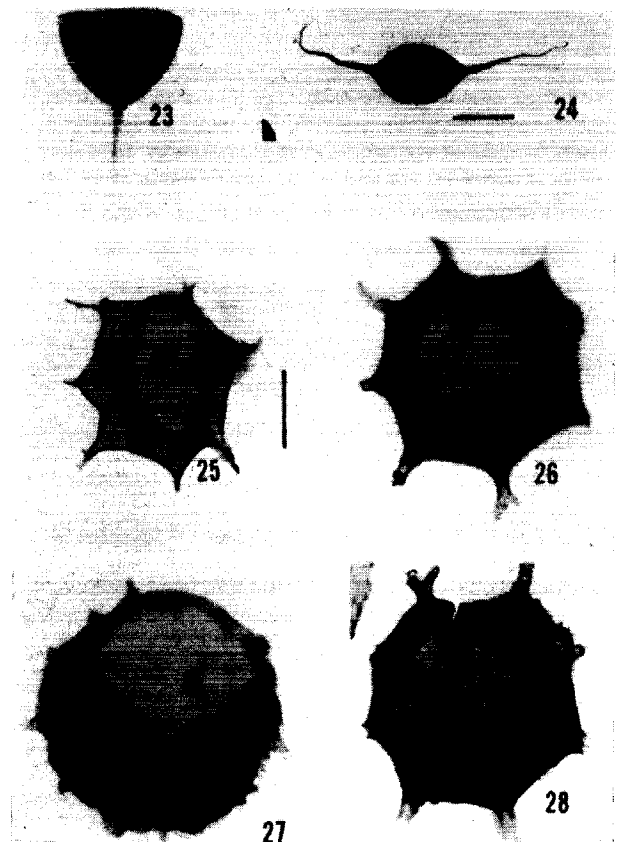
21. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense Superior, León, España. Pílomo.

22. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense Superior, León, España. Ejemplar con la pared vesicular consistiendo de una sola capa: la ectoderma. No hay diferencia en transparencia entre los procesos y el resto de la vesícula.

[Specimen with a vesicle wall which is made up of only one layer: the ectoderm. There is no transparency difference between the processes and the central portion of the vesicle.]



LÁMINA VIII.



18. *Baltisphaeridium* cf. *ramusculosum* (Deflandre); Ludloviense Superior, León, España. Proceso cónico; patrón de ramificación relativamente irregular. Transición gradual entre el área morfográfica de la parte central de la vesícula y el proceso. Unión simple, sin diafragma.

[Conical process with a relatively irregular branching pattern. Gradual transition between the morphographic area of the central portion of the vesicle and the process. Simple union, without diaphragm.]

19. *Baltisphaeridium longispinosum* (Eisenack); Ordovicense Superior, Oklahoma, EE. UU. Unión diafragmada.

[Diaphragmatic union.]

20. Idem.

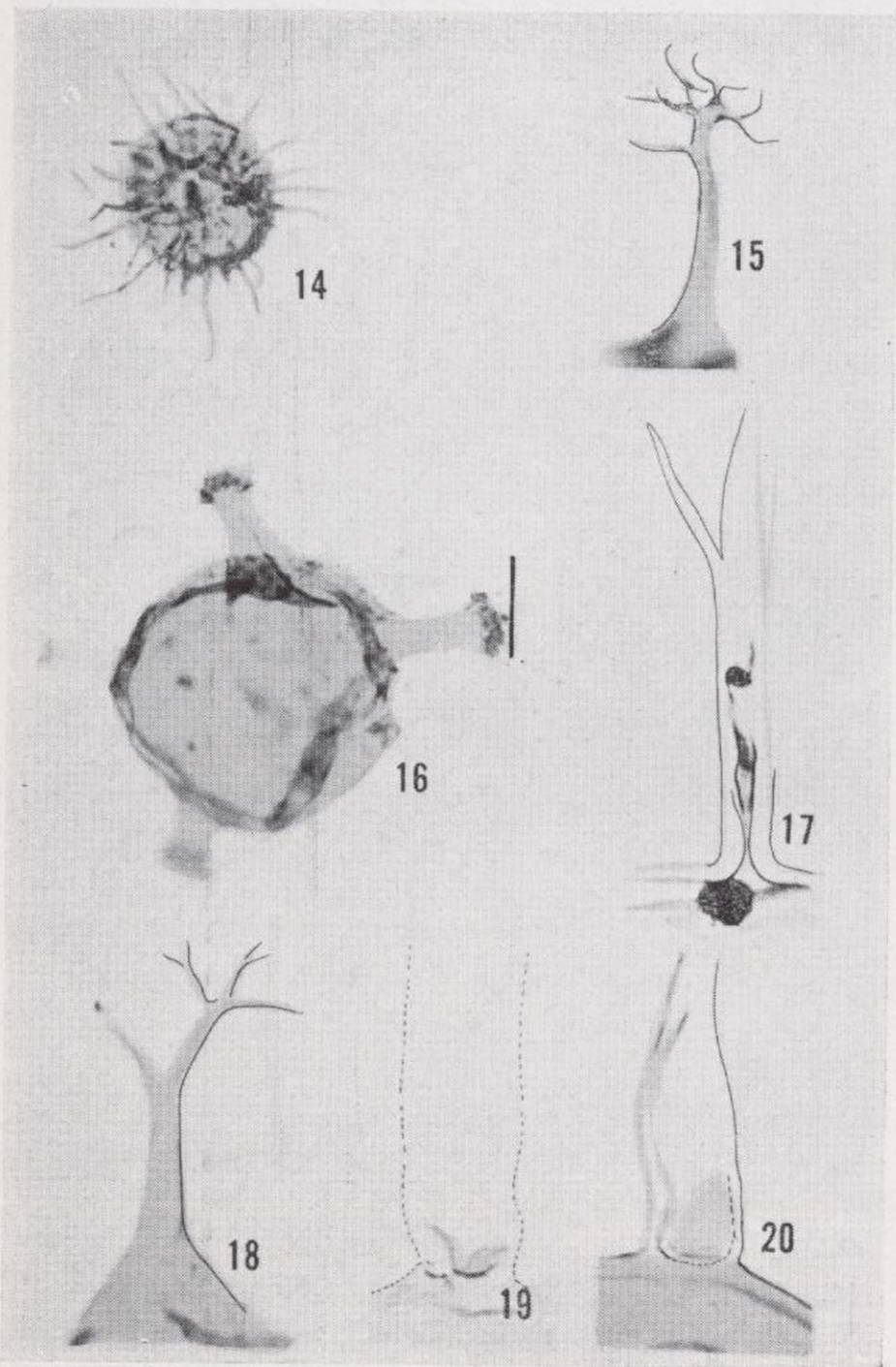


LÁMINA VII. (Retocada — retouched.)

21. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense Superior, León, España. Pílomo.

22. *Baltisphaeridium pilaris* Cramer; Ludloviense Superior, León, España. Ejemplar con la pared vesicular constando de una sola capa: la ectoderma. No hay diferencia en transparencia entre los procesos y el resto de la vesícula.

[Specimen with a vesicle wall which is made up of only one layer: the ectoderm. There is no transparency difference between the processes and the central portion of the vesicle.]

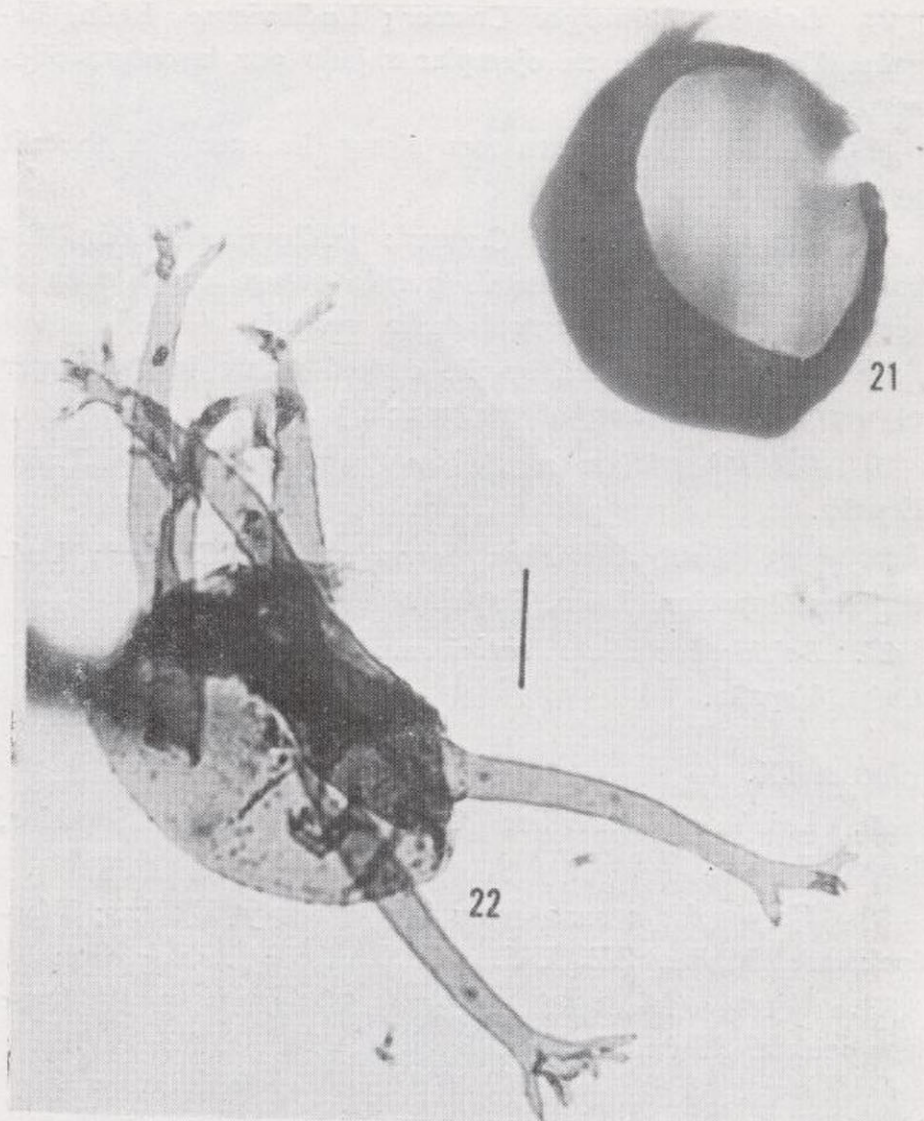
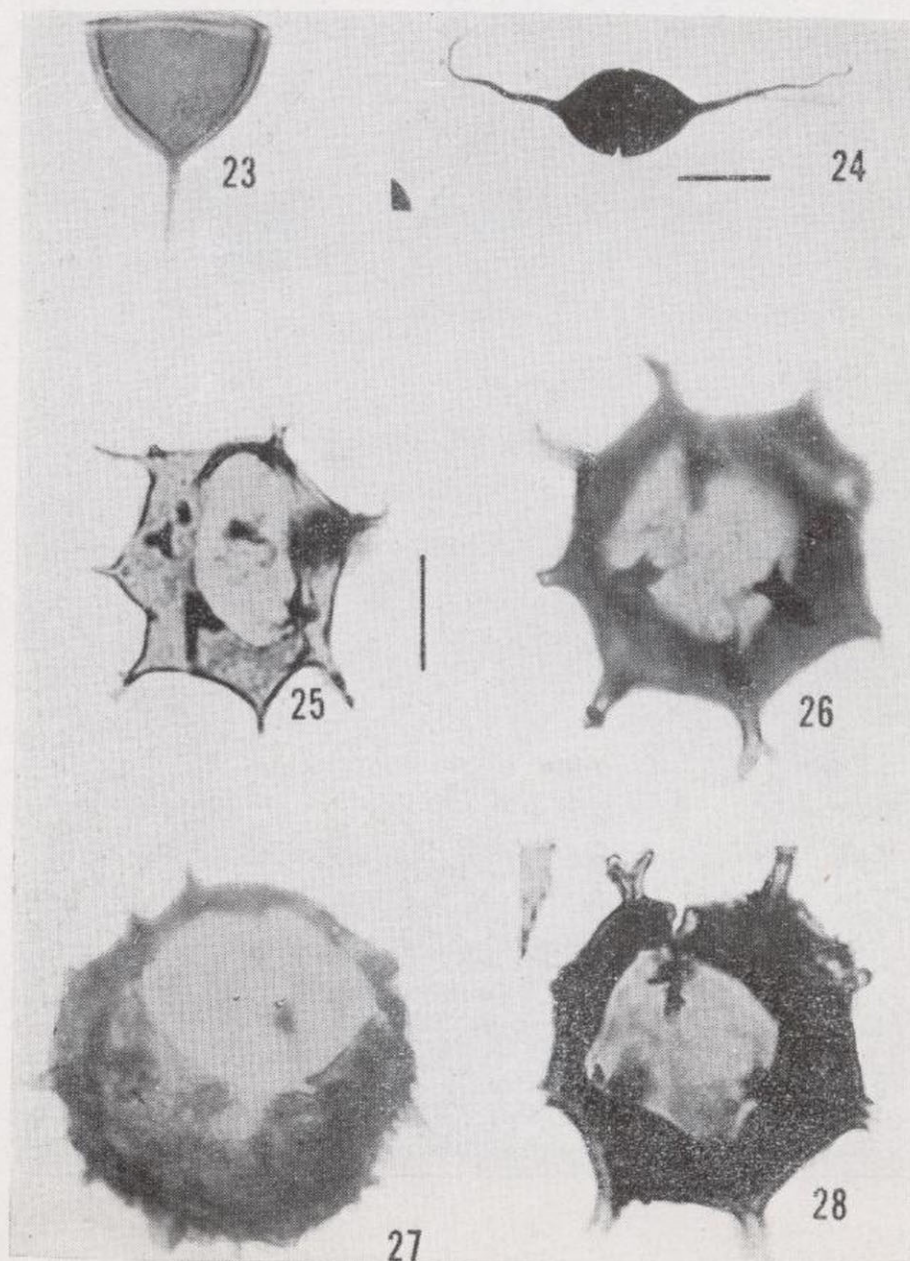


LÁMINA VIII.



23. *Leiofusa berneseae* Cramer; Ludloviense, León, España. Una mitad de un ejemplar rajado por la sutura pilómica.

[One half of a specimen torn along the suture of the slit pylome.]

24. *Leiofusa berneseae* Cramer; Ludloviense, León, España. Pilomo rajado indicado por la sutura curvada en el centro de la porción central de la vesícula.

[Slit pylome indicated by the curved suture in the center of the central portion of the vesicle.]

25. *Baltisphaeridium escobaides* Cramer; Emsiense, León, España.

26 y 28. *Baltisphaeridium borracherosum* Cramer; Ludloviense Superior, León, España.

27. *Baltisphaeridium carinosum* Cramer; Ludloviense, León, España.

LÁMINA IX.

29. *Leiofusa banderillae* Cramer; Emsiense Superior, León, España.

30. *Veryhachium europaeum* Stockmans y Willière; Wenlockiense, Maine, EE. UU.

31. *Micrhystridium* cf. *vulgare* Stockmans y Willière; Siegeniense, León, España.

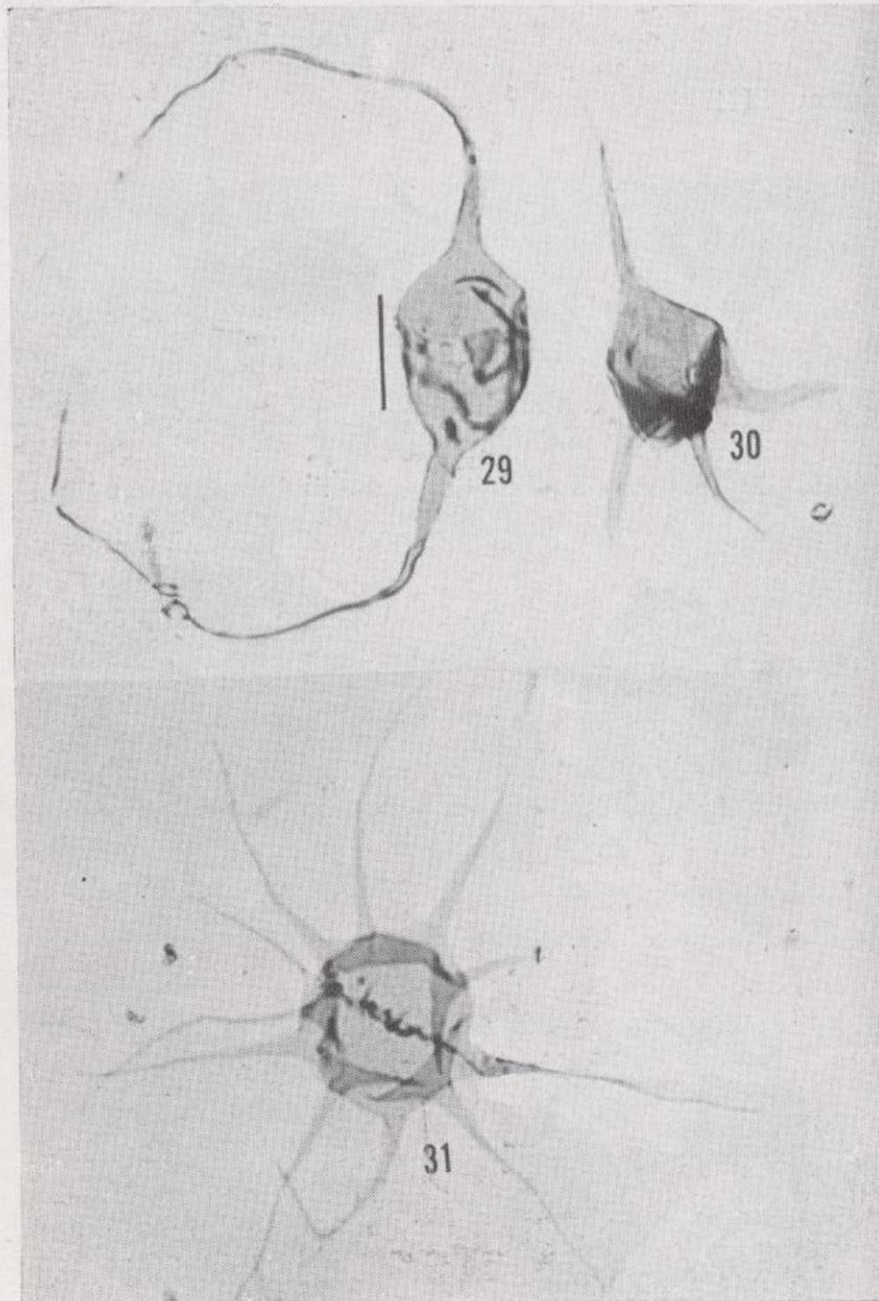


LÁMINA X. (Retocada — retouched.)

32. *Deunffia furcata* Downie; Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Hemimorfía en la simetría de la distribución de los procesos sobre la vesícula.

[Hemimorphy in the symmetry of process distribution.]

33. *Domasia* sp.; Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Hemimorfía en la simetría de la distribución de los procesos sobre la vesícula. La hemimorfía diferencial el presente taxo del grupo de *Veryhachium trispinosum* c. s.

[Hemimorphy in the symmetry of process distribution. The hemimorphy differentiates this taxon from *Veryhachium trispinosum* c. s.]

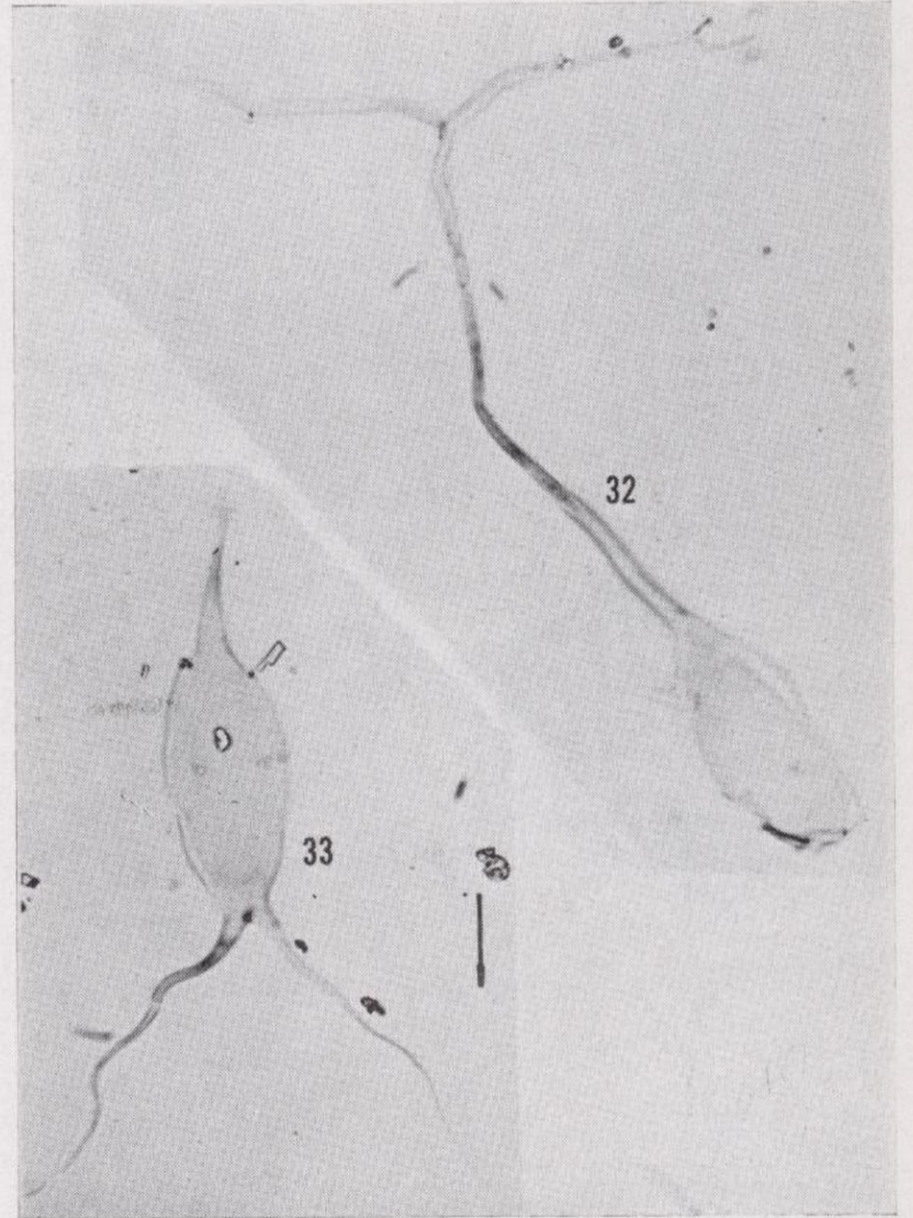


LÁMINA XI.

34. *Domasia* sp.; Wenlockiense, Ohio, EE. UU.

35. *Deunffia monacantha* (Deunff); Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Ejemplares pequeños se hallan infrecuentemente en la formación de San Pedro, en León, España. Además de la diferencia en talla no hay nada esencial que diferencie los ejemplares españoles de los norteamericanos o los ingleses. La atribución de estos ejemplares pequeños

por Downie a una especie nueva, no nos parece justificada, ya que la variación en tamaño general es un carácter continuamente variable.

[Small specimens of this taxon are infrequently found in the San Pedro Formation, in León, Spain. There is nothing essential in addition of the general size difference

23. *Leiofusa berneseae* Cramer; Ludloviense, León, España. Una mitad de un ejemplar rajado por la sutura pilómica.

[One half of a specimen torn along the suture of the slit pylome.]

24. *Leiofusa berneseae* Cramer; Ludloviense, León, España. Pilomo rajado indicado por la sutura curvada en el centro de la porción central de la vesícula.

[Slit pylome indicated by the curved suture in the center of the central portion of the vesicle.]

25. *Baltisphaeridium escobaides* Cramer; Emsiense, León, España.

26 y 28. *Baltisphaeridium borracherosum* Cramer; Ludloviense Superior, León, España.

27. *Baltisphaeridium carinosum* Cramer; Ludloviense, León, España.

LÁMINA IX.

29. *Leiofusa banderillae* Cramer; Emsiense Superior, León, España.

30. *Veryhachium europaeum* Stockmans y Willière; Wenlockiense, Maine, EE. UU.

31. *Michhystridium* cf. *vulgare* Stockmans y Willière; Siegeniense, León, España.

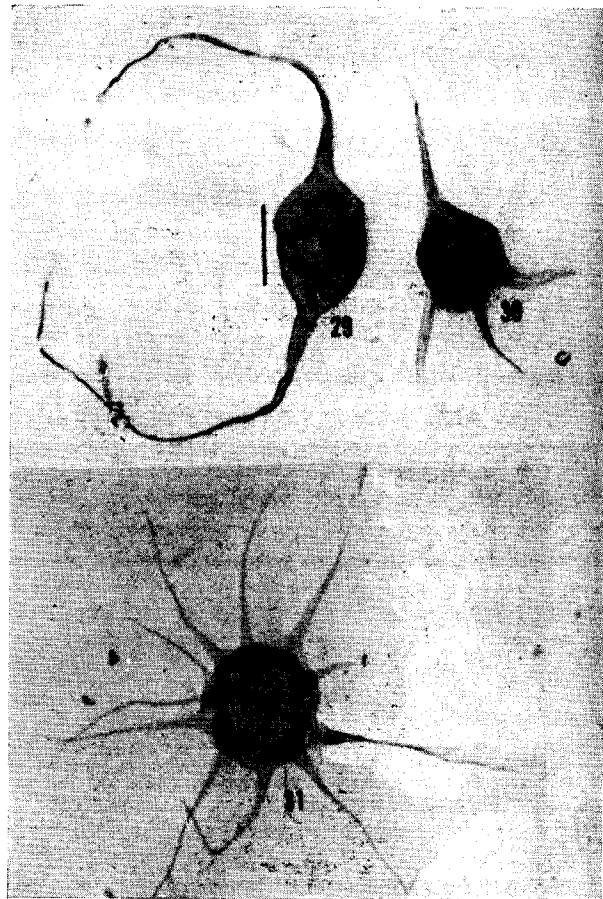


LÁMINA X. (Retocada — retouched.)

32. *Deunffia furcata* Downie; Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Hemimorfía en la simetría de la distribución de los procesos sobre la vesícula.

[Hemimorphy in the symmetry of process distribution.]

33. *Domasia* sp.; Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Hemimorfía en la simetría de la distribución de los procesos sobre la vesícula. La hemimorfía diferencial el presente taxo del grupo de *Veryhachium trispinosum* c. s.

[Hemimorphy in the symmetry of process distribution. The hemimorphy differentiates this taxon from *Veryhachium trispinosum* c. s.]



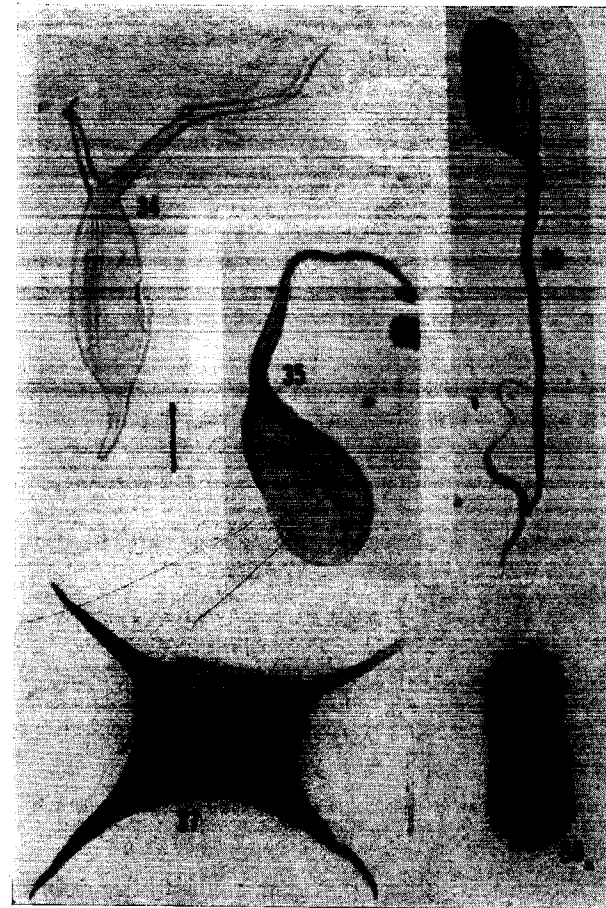
LÁMINA XI.

34. *Domasia* sp.; Wenlockiense, Ohio, EE. UU.

35. *Deunffia monacantha* (Deunff); Wenlockiense, Ohio, EE. UU. Ejemplares pequeños se hallan infrecuentemente en la formación de San Pedro, en León, España. Además de la diferencia en talla no hay nada esencial que diferencie los ejemplares españoles de los norteamericanos o los ingleses. La atribución de estos ejemplares pequeños

por Downie a una especie nueva, no nos parece justificada, ya que la variación en tamaño general es un carácter continuamente variable.

[Small specimens of this taxon are infrequently found in the San Pedro Formation, in León, Spain. There is nothing essential in addition of the general size difference



that distinguishes the Spanish specimens from the larger Northamerican or English. The establishment of a new species for these small specimens by Downie appears unjustified, seen the continuously variable character of the general size and outline of acanthomorphic acritarchs.]

36. *Deunffia furcata* Downie; Wenlockiense, Ohio, EE. UU.

37. *Veryhachium* sp.; Wenlockiense, Maine, EE. UU. Pilomo rajado.

38. *Lophodiacrodium pepino* Cramer; Siegeniense, León, España. Simetría homomórfica axial.

LÁMINA XII.

39. *Veryhachium rosendae* Cramer; Emsiense Superior, León, España. Escultura velluda.

[Filose sculpture.]

40. Idem.

41. *Veryhachium scabratum* Cramer; Ludloviense, León, España. Escultura rugulada en la parte central de la vesícula.

[Rugulate sculpture on the central portion of the vesicle.]

42. *Acanthodiacrodium* sp.; Ludloviense, León, España.

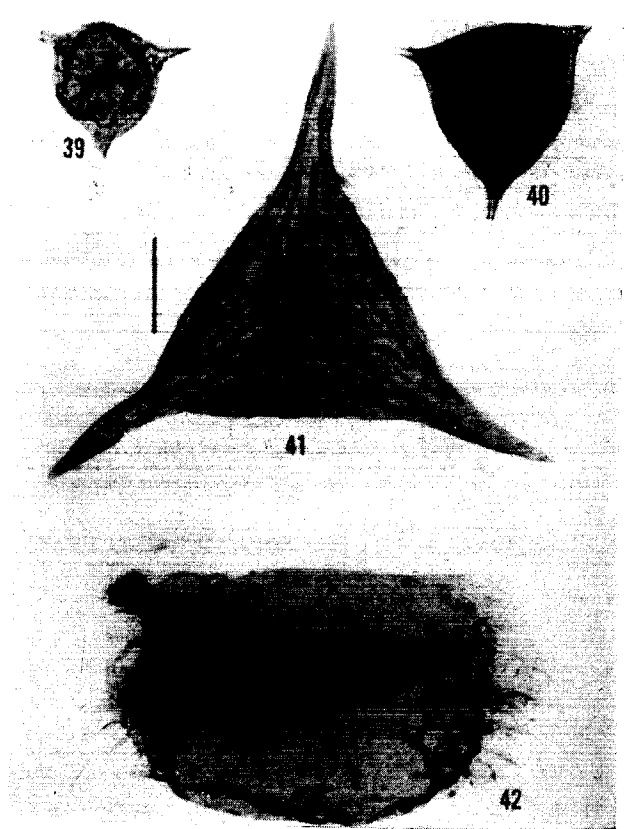
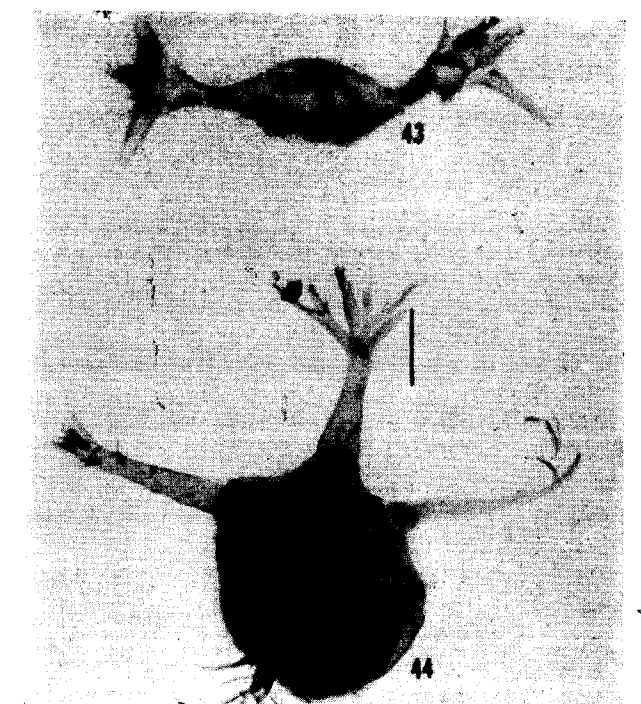


LÁMINA XIII.



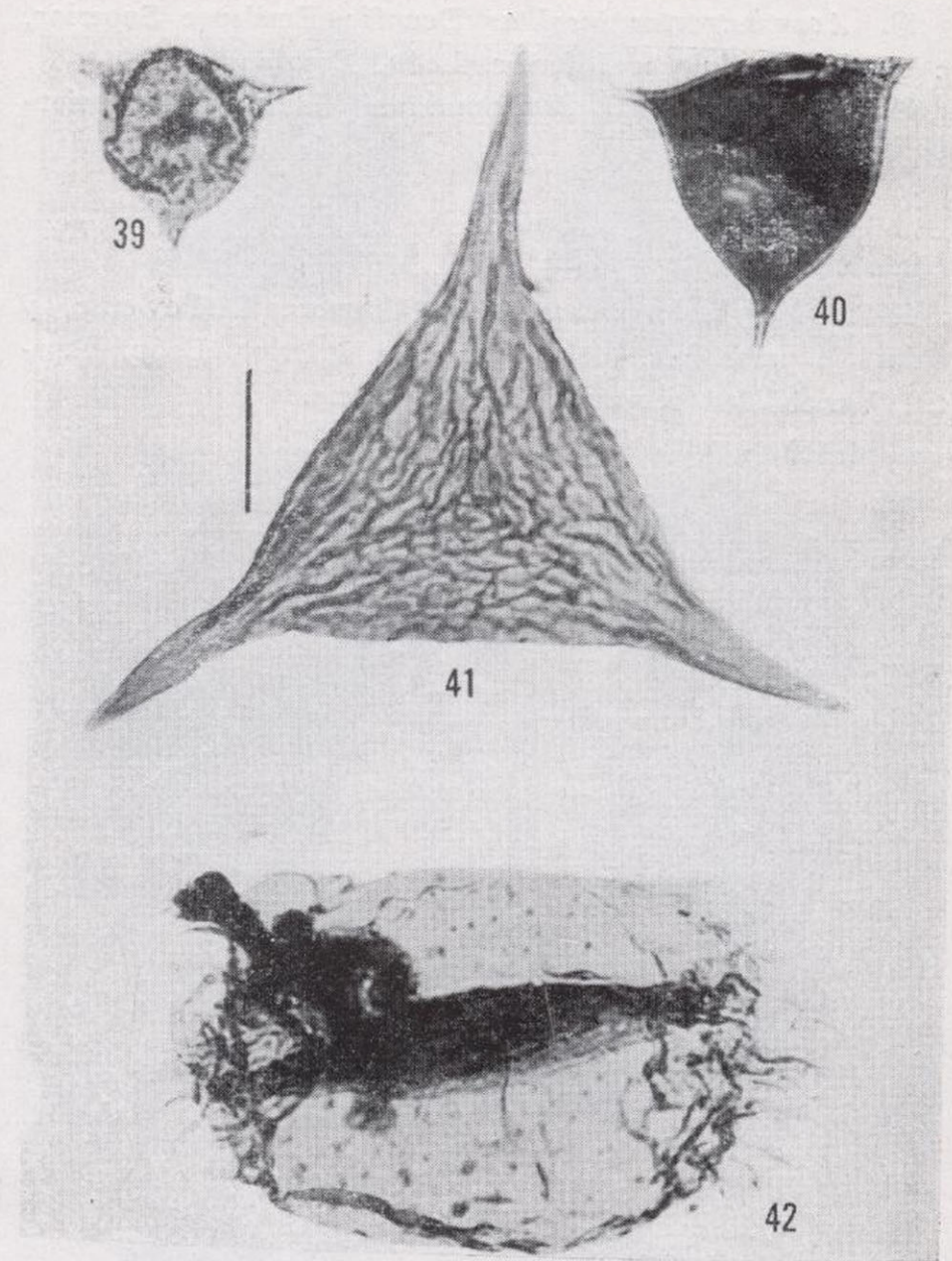
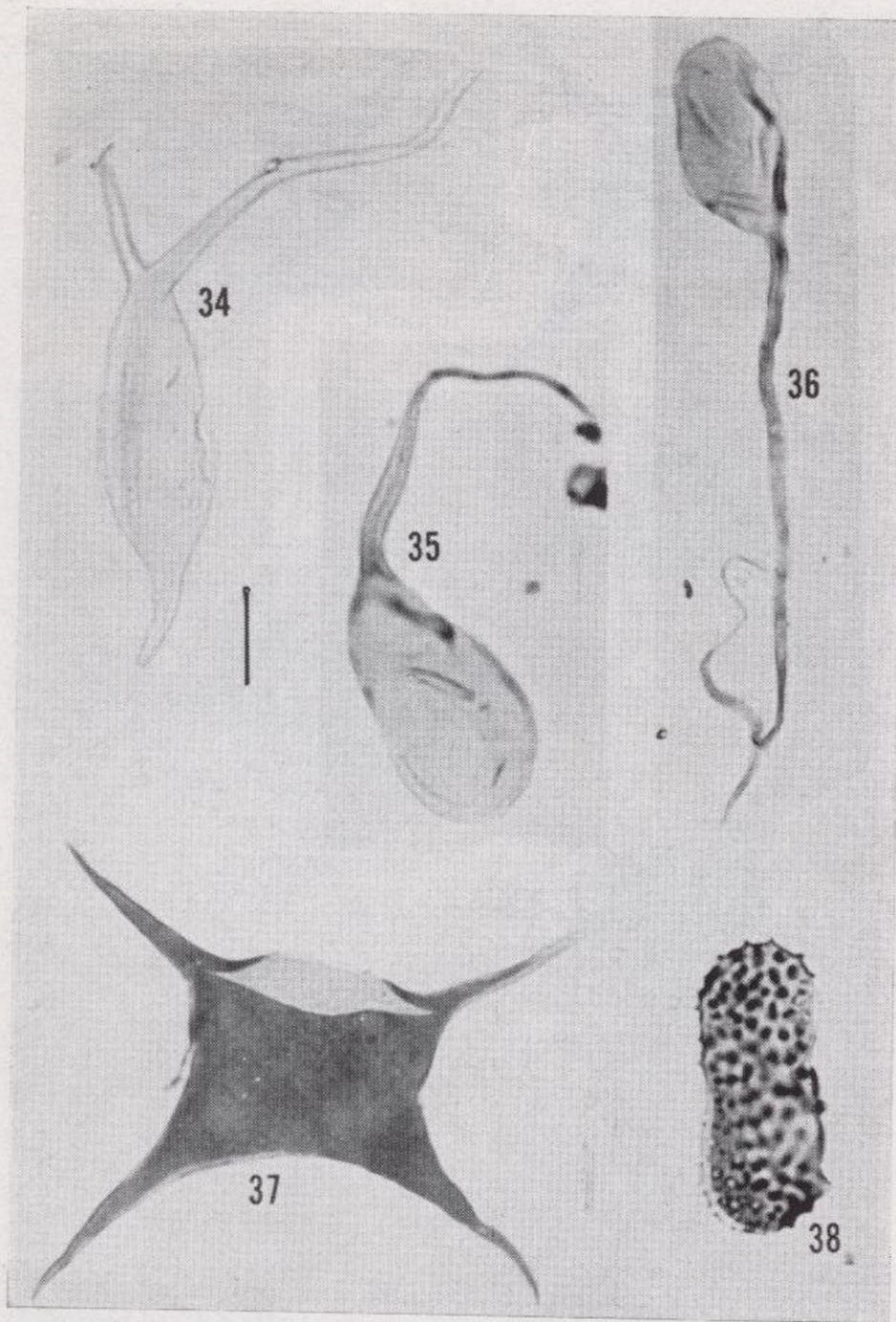
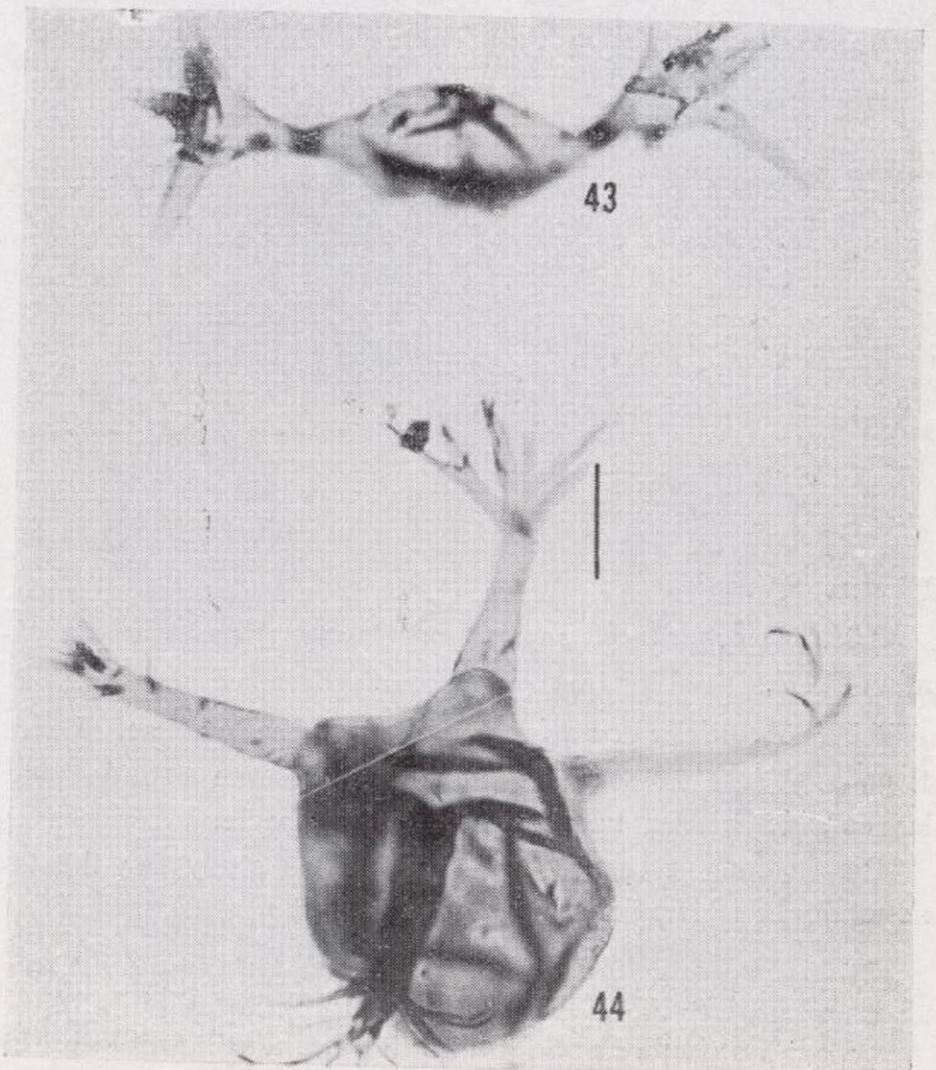


LÁMINA XIII.



that distinguishes the Spanish specimens from the larger Northamerican or English. The establishment of a new species for these small specimens by Downie appears unjustified, seen the continuously variable character of the general size and outline of acanthomorphic acritarchs.]

36. *Deunffia furcata* Downie; Wenlockiense, Ohio, EE. UU.

37. *Veryhachium* sp.; Wenlockiense, Maine, EE. UU. Pilomo rajado.

38. *Lophodiacrodium pepino* Cramer; Siegeniense, León, España. Simetría homomórfica axial.

LÁMINA XII.

39. *Veryhachium rosendae* Cramer; Emsiense Superior, León, España. Escultura velluda.

[Filose sculpture.]

40. Idem.

41. *Veryhachium scabratum* Cramer; Ludloviense, León, España. Escultura rugulada en la parte central de la vesícula.

[Rugulate sculpture on the central portion of the vesicle.]

42. *Acanthodiacrodium* sp.; Ludloviense, León, España.

43. *Acanthatractus insolitus* Deunff; Emsiense Superior, o quizás Couviniense Inferior, León, España.

44. *Baltisphaeridium dedosmuertosi* Cramer; Ludloviense, León, España.

LÁMINA XIV.

45-51. *Veryhachium scabratum* Cramer; Ludloviense, y quizás la parte basal del Gedinniense Inferior, León, España. Variabilidad fenotípica de la especie.

[Phenotypic variability of the species.]

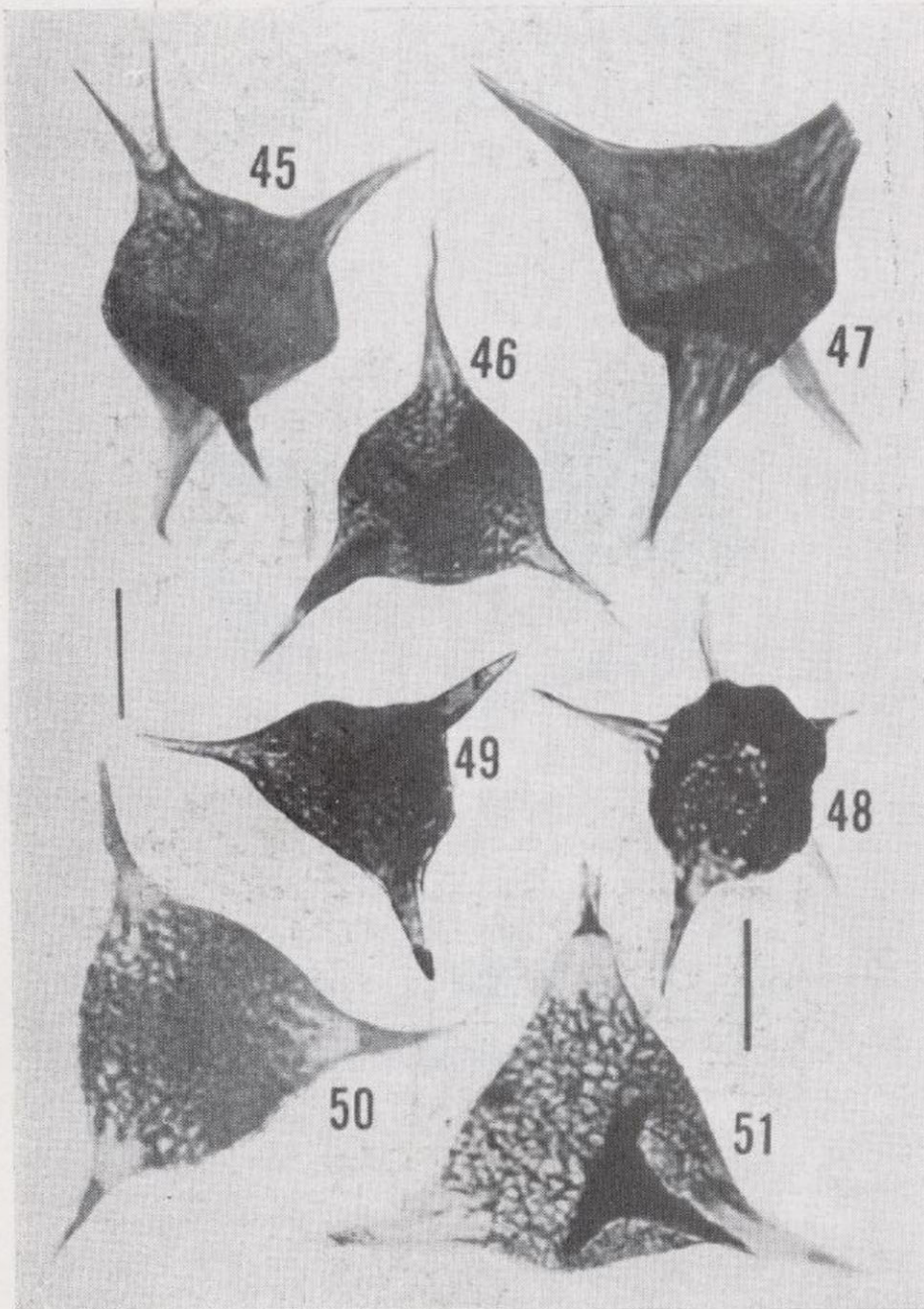


LÁMINA XV.

52-54. *Veryhachium scabratum* Cramer; como en la lámina XIV.

55-56. *Leoniella carminae* Cramer; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas de la especie.

[Please consult the second part of this study for the taxonomic considerations on this species.]

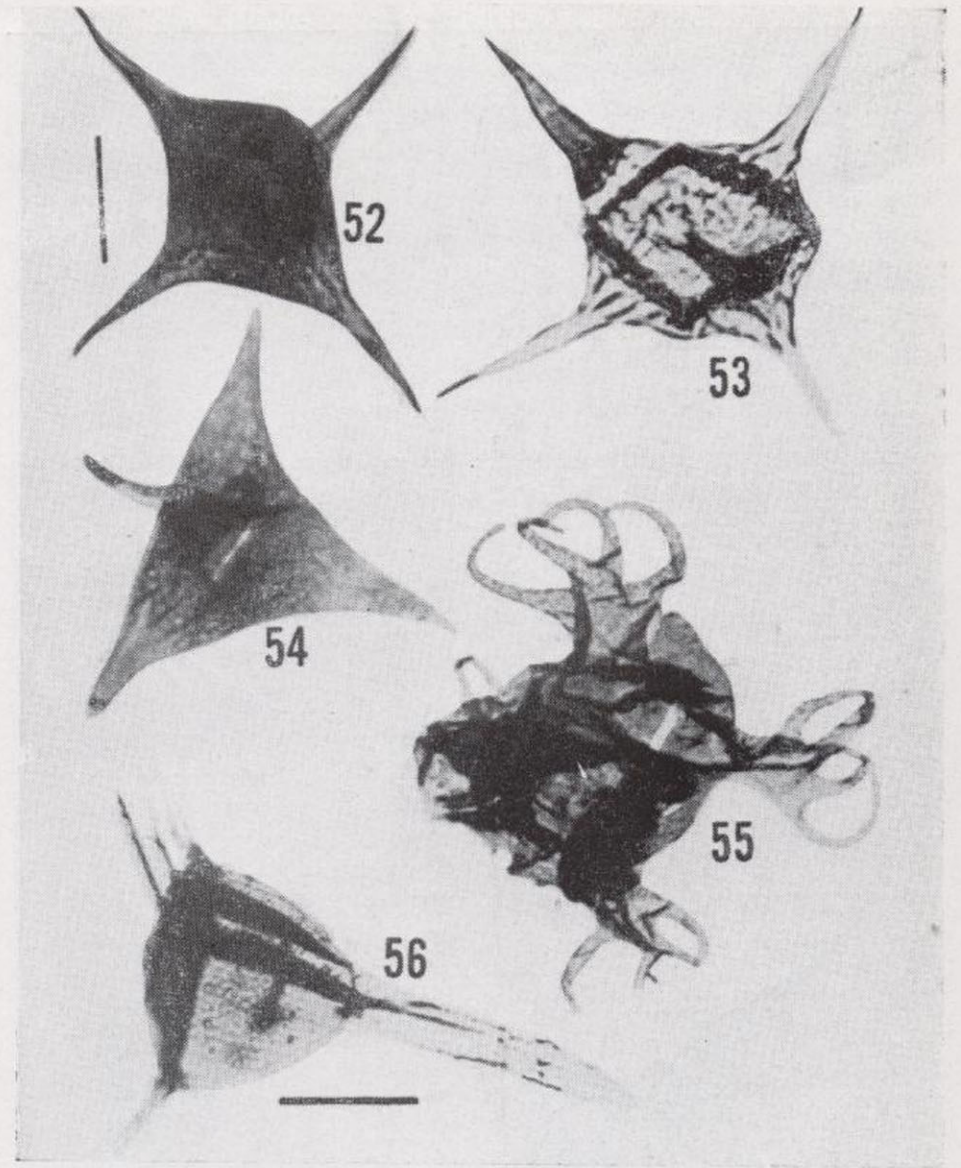
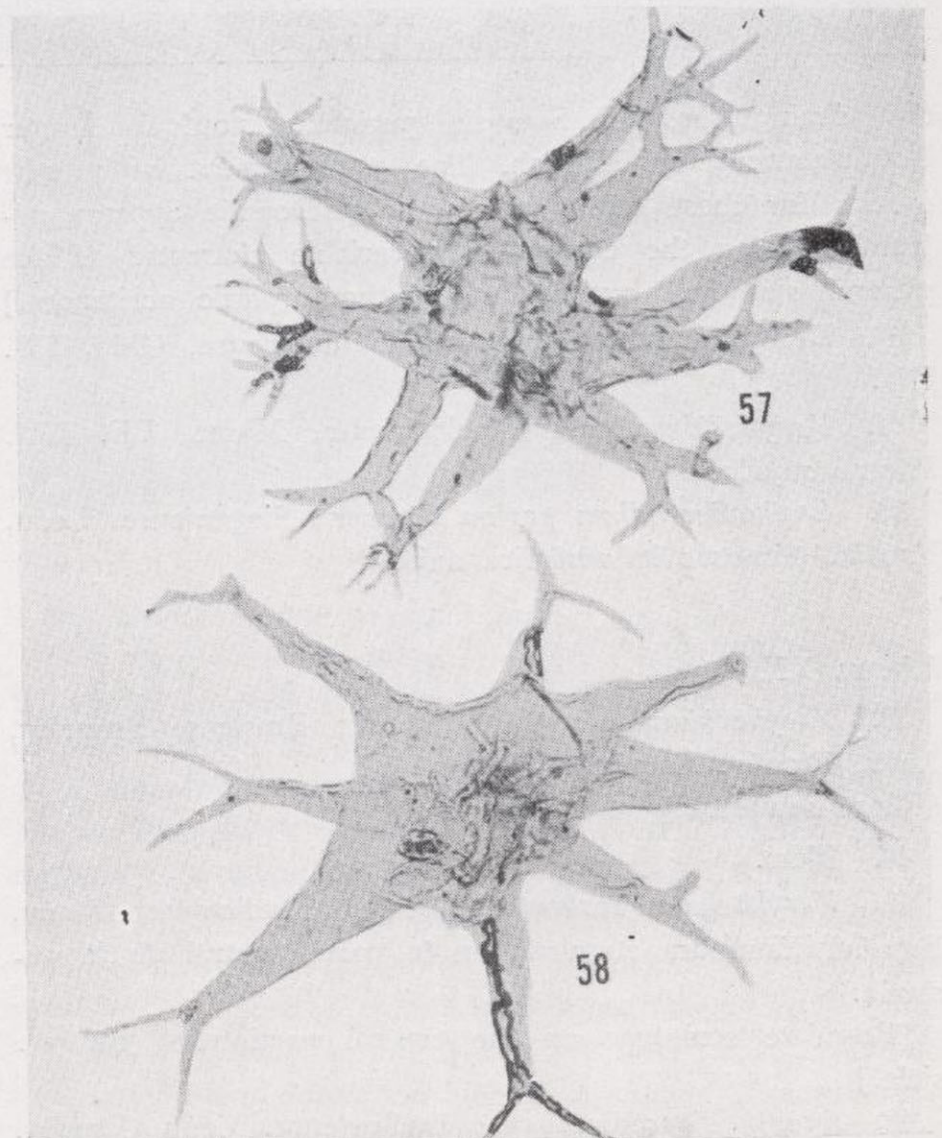


LÁMINA XVI.



43. *Acanthatractus insolitus* Deunff; Emsiense Superior, o quizás Couviniense Inferior, León, España.
 44. *Baltisphaeridium dedosmuertosi* Cramer; Ludloviense, León, España.

LÁMINA XIV.

45-51. *Verghachium scabratum* Cramer; Ludloviense, y quizás la parte basal del Gedinniense Inferior, León, España. Variabilidad fenotípica de la especie.
 [Phenotypic variability of the species.]

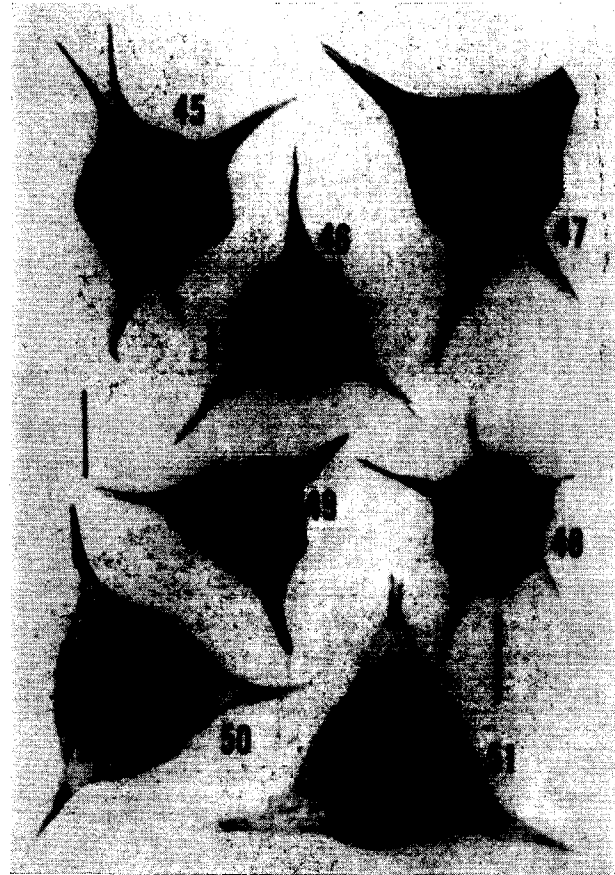


LÁMINA XV.

52-54. *Verghachium scabratum* Cramer; como en la lámina XIV.
 55-56. *Leoniella carminae* Cramer; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas de la especie.
 [Please consult the second part of this study for the taxonomic considerations on this species.]

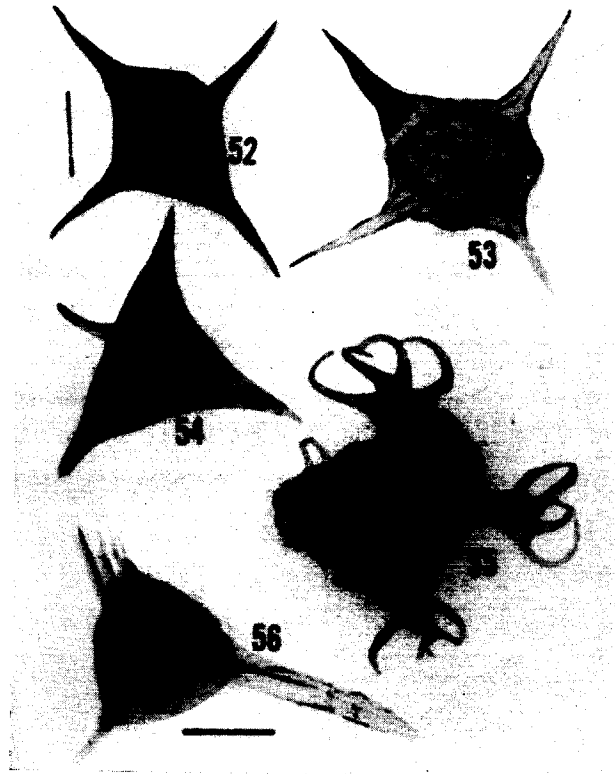
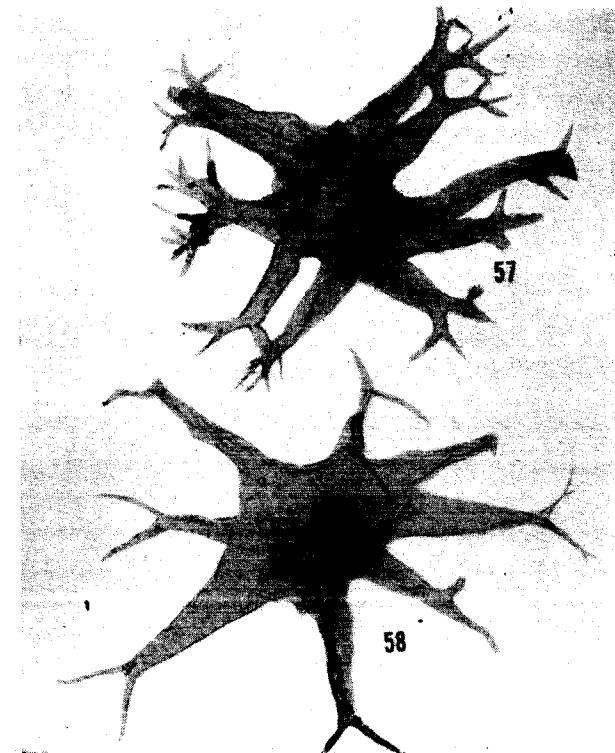


LÁMINA XVI.



57-58. *Baltisphaeridium digitatum* Eisenack; Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia.

LÁMINA XVII.

59-62. *Baltisphaeridium digitatum* Eisenack; Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia.

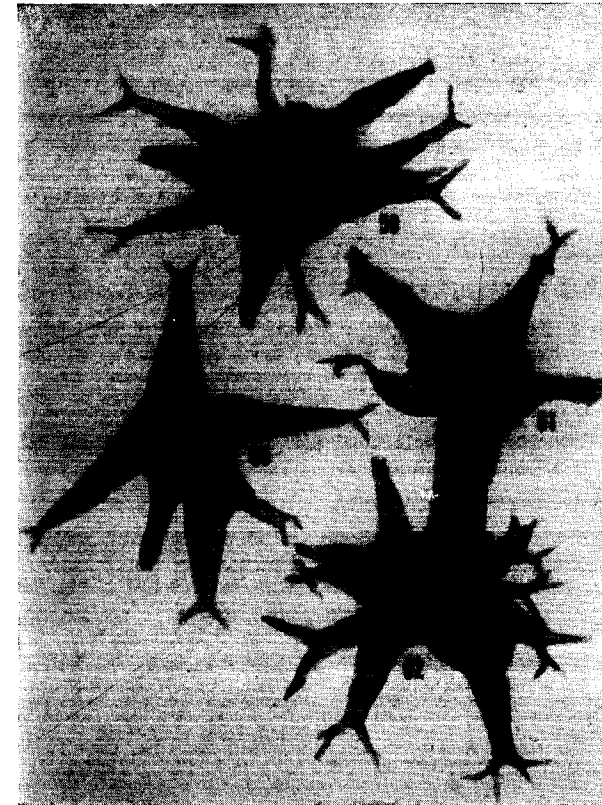
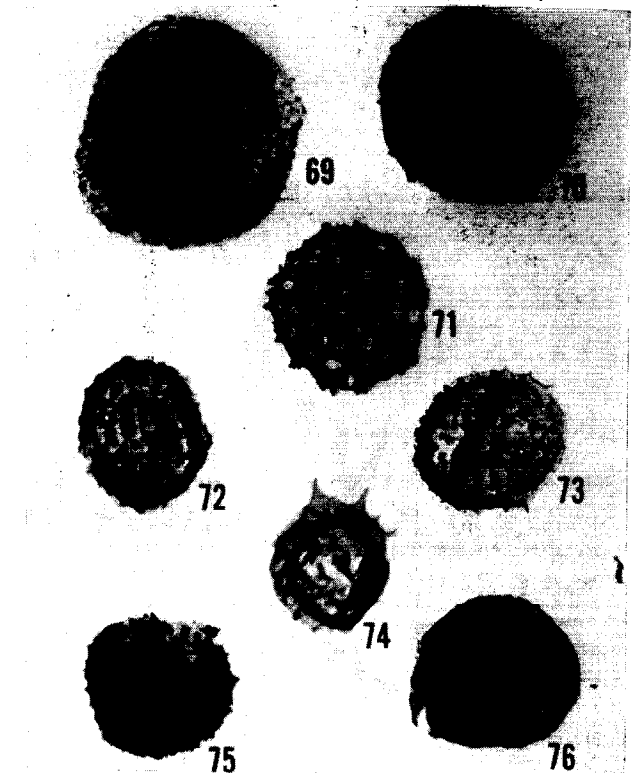
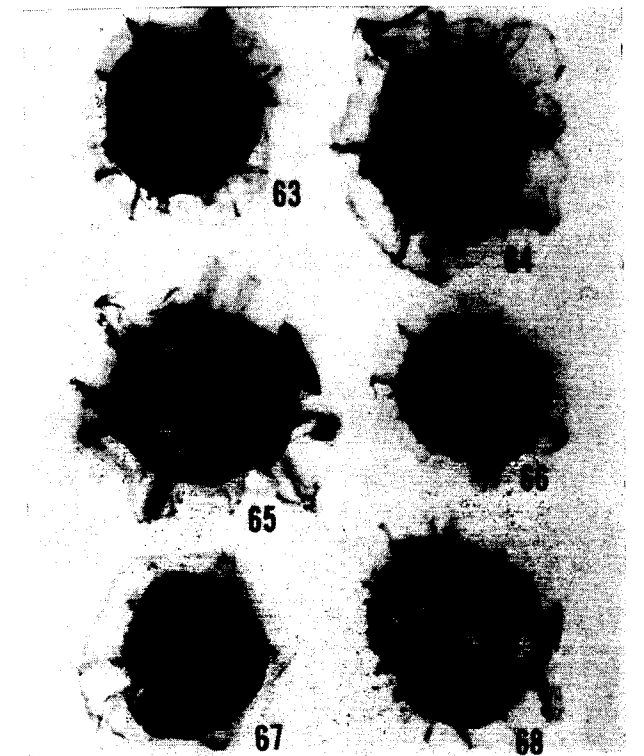


LÁMINA XVIII y LÁMINA XIX.

63-68. *Cymatiosphaera enamorada* n. sp.; Ludloviense Superior, Villamanín, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para la descripción de la especie y las consideraciones taxonómicas.
 [Please consult the second part of this study for the description of the species and the taxonomic considerations.]

69-76. Taxos representativos de *Herkomorphitae* del Silúrico de España del Norte. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas sobre los taxos ilustrados aquí.

[Representative taxa of *Herkomorphitae* of the Silurian of northern Spain. Please consult the second part of this study for the taxonomic considerations on the taxa illustrated here.]



57-58. *Baltisphaeridium digitatum* Eisenack; Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia.

LÁMINA XVII.

59-62. *Baltisphaeridium digitatum* Eisenack; Wenlockiense Inferior, Gotlandia, Suecia.

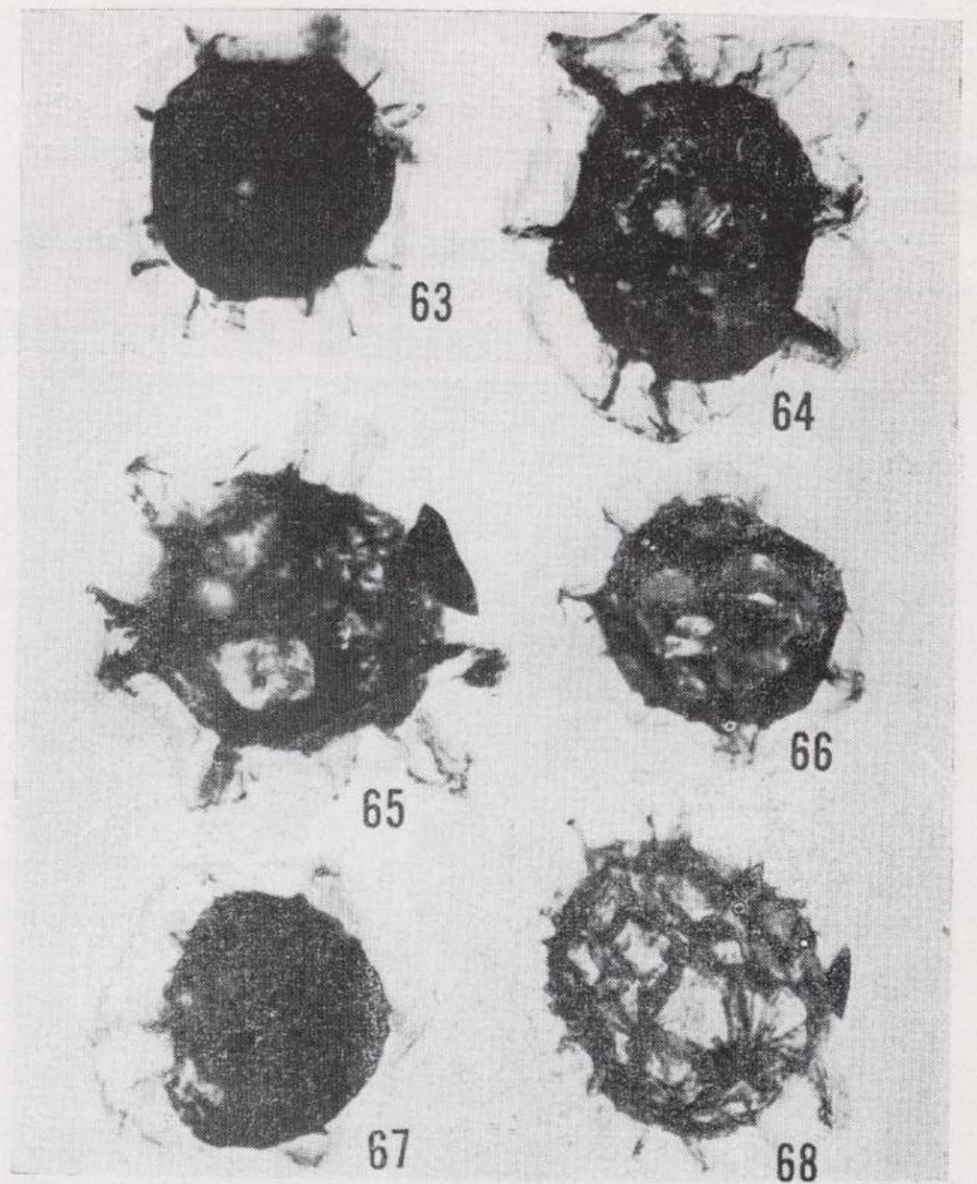
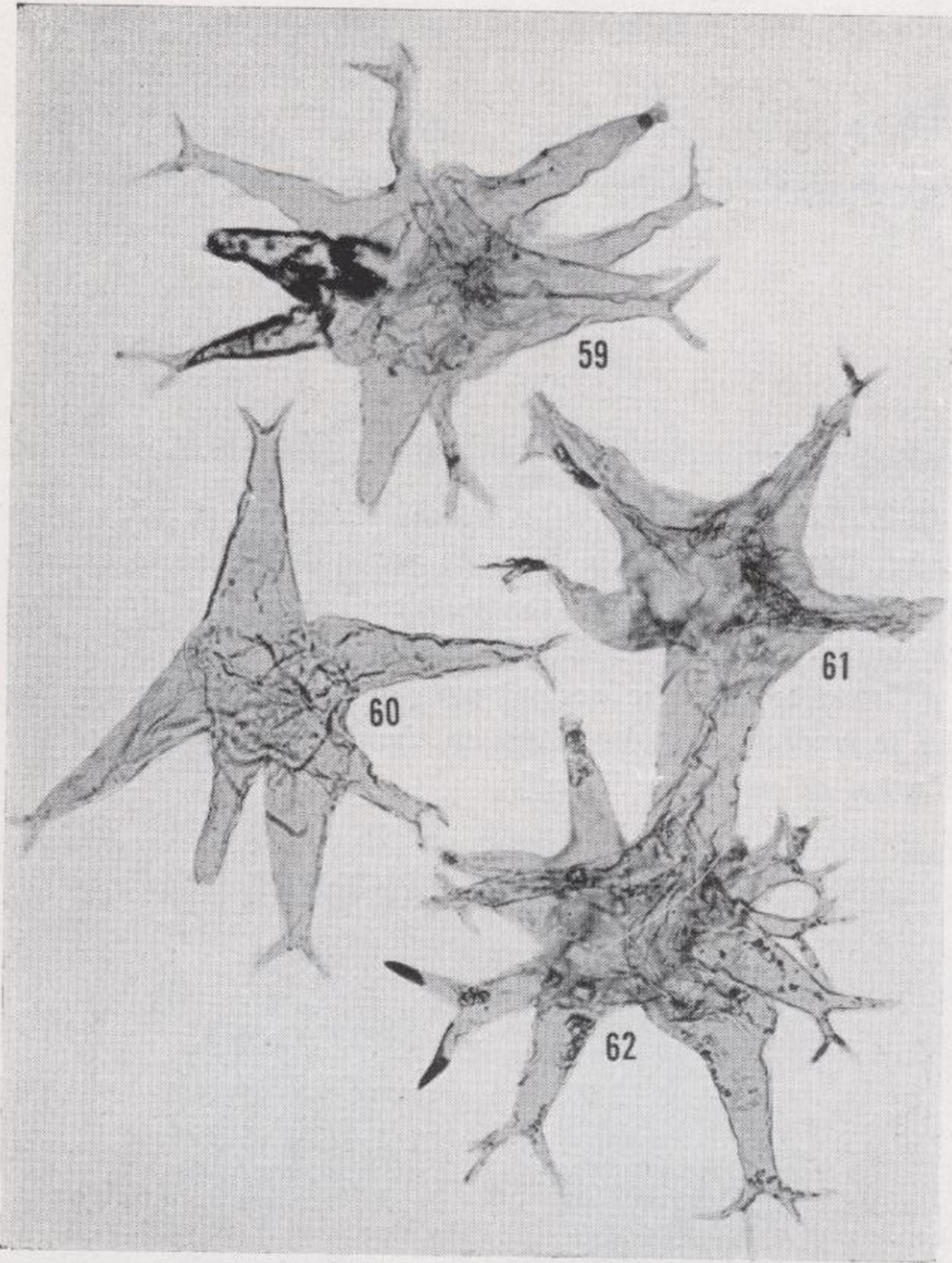


LÁMINA XVIII y LÁMINA XIX.

63-68. *Cymatiosphaera enamorada* n. sp.; Ludloviense Superior, Villamanin, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para la descripción de la especie y las consideraciones taxonómicas.

[Please consult the second part of this study for the description of the species and the taxonomic considerations.]

69-76. Taxos representativos de *Herkomorphitae* del Silúrico de España del Norte. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas sobre los taxos ilustrados aquí.

[Representative taxa of *Herkomorphitae* of the Silurian of northern Spain. Please consult the second part of this study for the taxonomic considerations on the taxa illustrated here.]

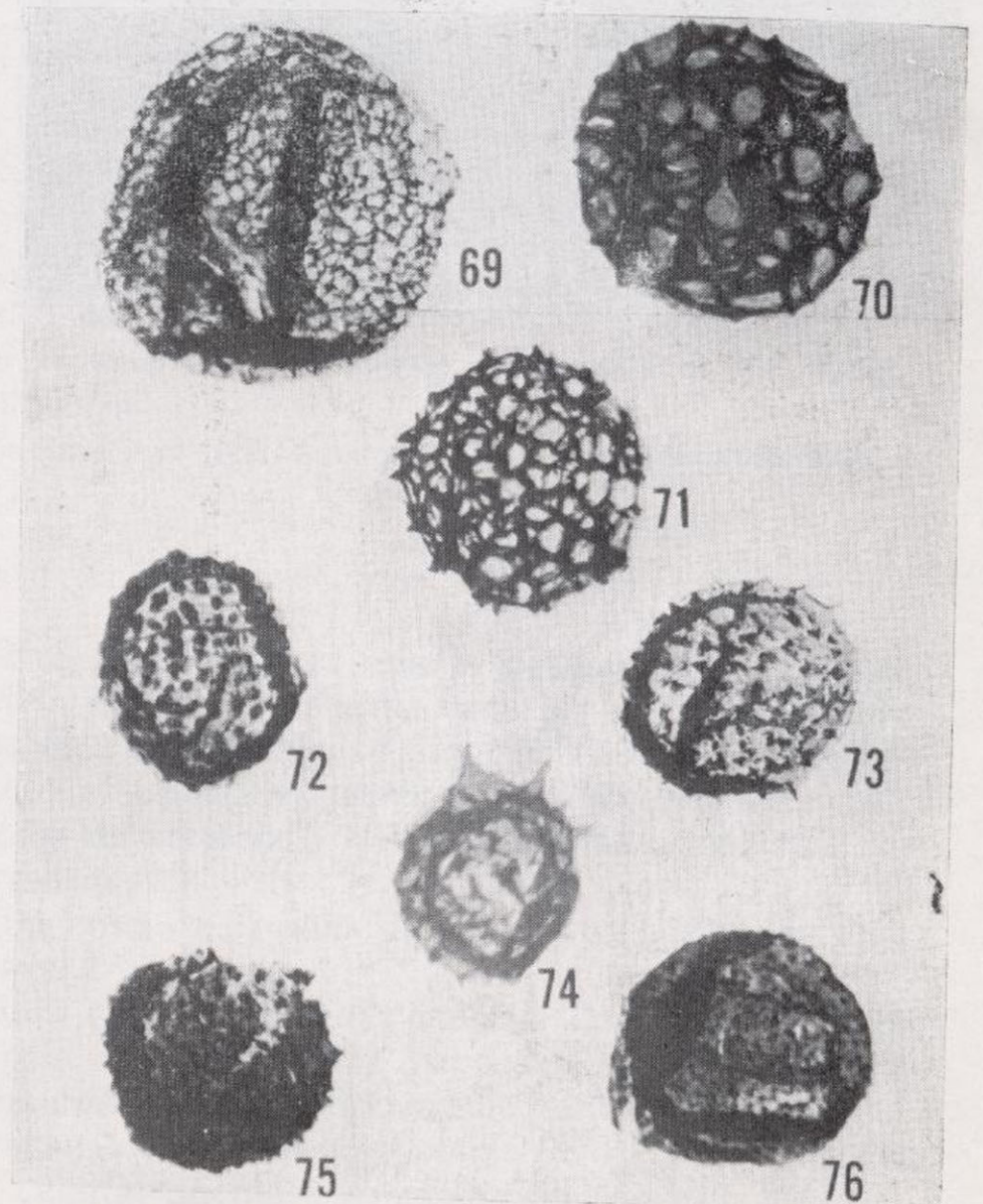


LÁMINA XX.

77-81. *Tetraletes* spp.; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas.

[Please consult the second part of this study for the taxonomic consideration on this taxon.]

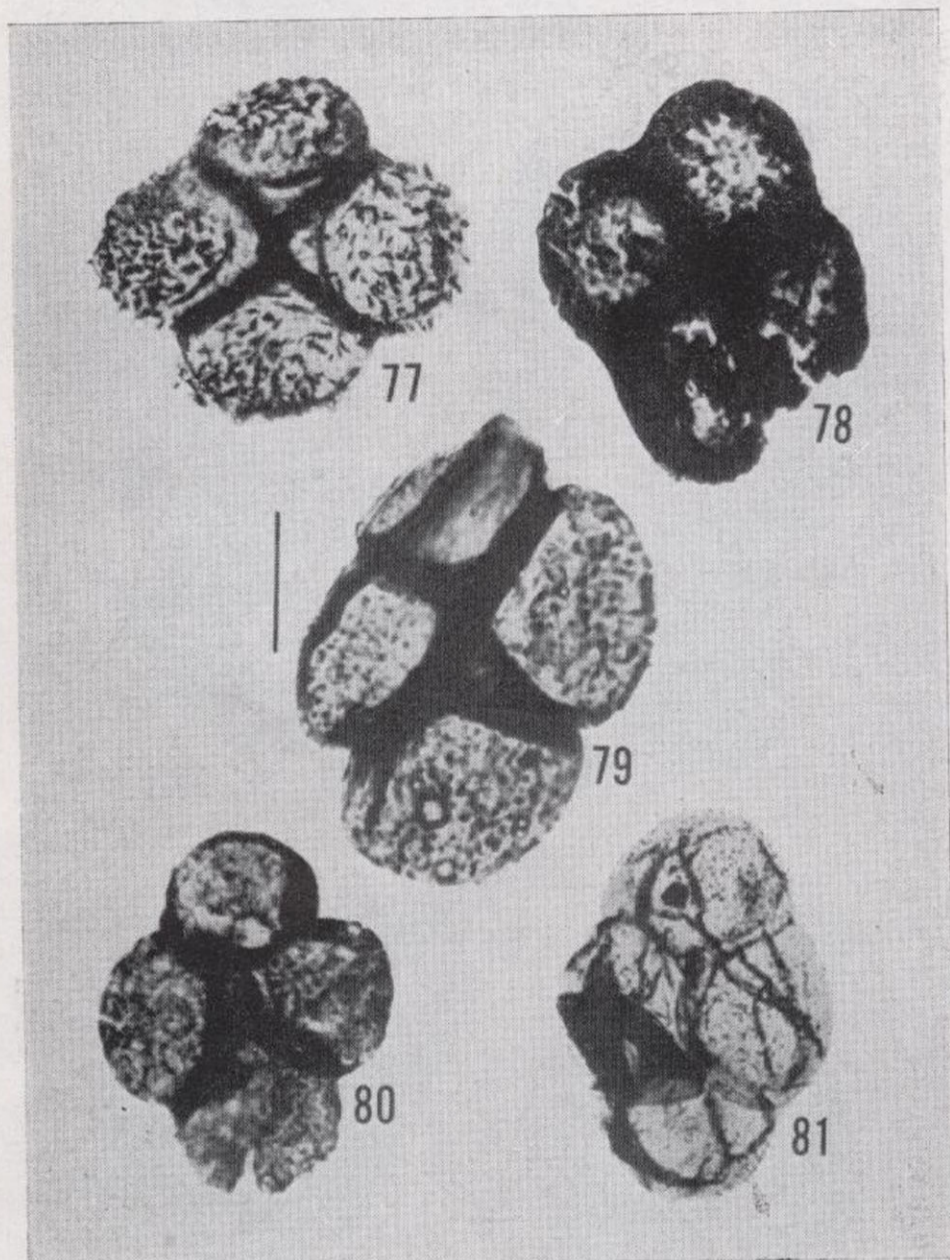


LÁMINA XXI.

82-87. *Pterospermopsis martinii* Cramer; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas sobre las *Pteromorphitae* del Silúrico de España del Norte.

[Please consult the second part of the present study for the taxonomic considerations on the *Pteromorphitae* of the Silurian of northern Spain.]

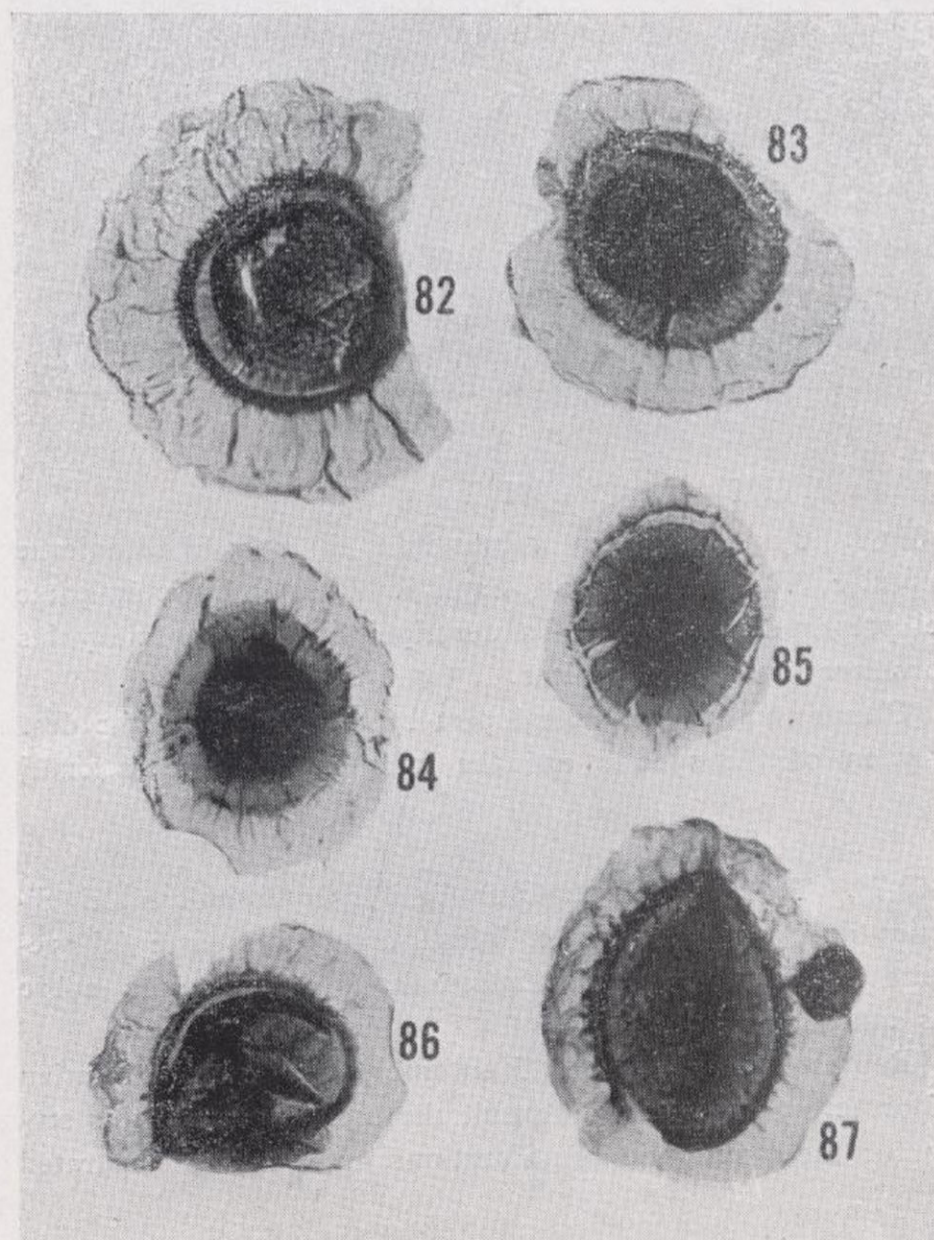


LÁMINA XX.

77-81. *Tetraletes* spp.; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas.

[Please consult the second part of this study for the taxonomic consideration on this taxon.]

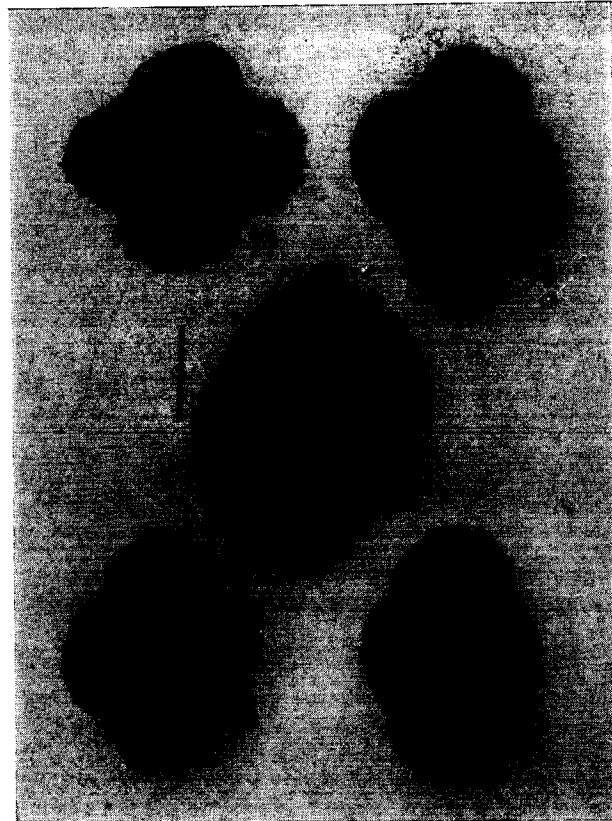
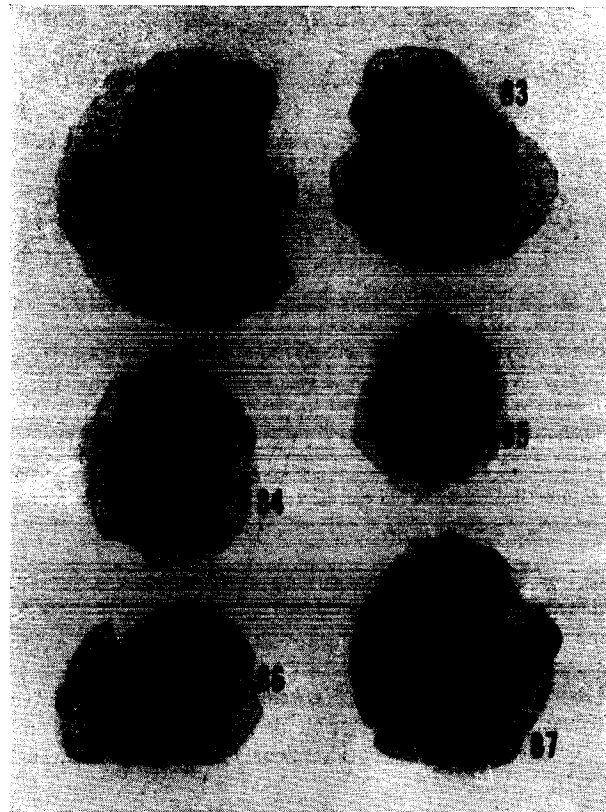


LÁMINA XXI.

82-87. *Pterospemopsis martinii* Cramer; Ludloviense, León, España. Véase la segunda parte del presente estudio para las consideraciones taxonómicas sobre las *Pteromorphitae* del Silúrico de España del Norte.

[Please consult the second part of the present study for the taxonomic considerations on the *Pteromorphitae* of the Silurian of northern Spain.]



Investigación de primeras materias para la fabricación de cemento en la isla de Fuerteventura (Las Palmas)

por A. GALVEZ-CAÑERO y L. LLORENTE HERRERO

RESUMEN

Esta nota está tomada del informe de la investigación que el Gobierno encargó a este Instituto en la isla de Fuerteventura (Islas Canarias), para determinar el volumen y calidad de los materiales pétreos idóneos para instalar una fábrica de cemento portland en la isla.

Se dan datos concretos sobre volúmenes y calidades de las tres zonas investigadas: Corralejo y Montaña Roja, de arenas calizas, y La Oliva, de terrenos arcillosos.

RÉSUMÉ

Cette note est prise du rapport de l'investigation duquel le Gouvernement a chargé cet Institut en l'île Fuerteventura (Iles Canaries) pour déterminer le volume et la qualité des matériaux pierreux aptes pour installer une usine de ciment Portland en l'île.

On donne des dates concrètes sur des volumes et qualités des trois zones investiguées: Corralejo et Montaña Roja, de sables calcaires, et La Oliva, de terrains argilleux.

SUMMARY

This note has been taken from the report of the investigation with which the Government has charged this Institute in the island of Fuerteventura (Canary Islands) in order to determine the volume and quality of the rocky material, being proper to set up a fabric of Portland cement in the island.

There are given concrete data on volume and quality of the three investigated zones: Corralejo and Montaña Roja, of calcium sands, and La Oliva, of argillaceous soil.

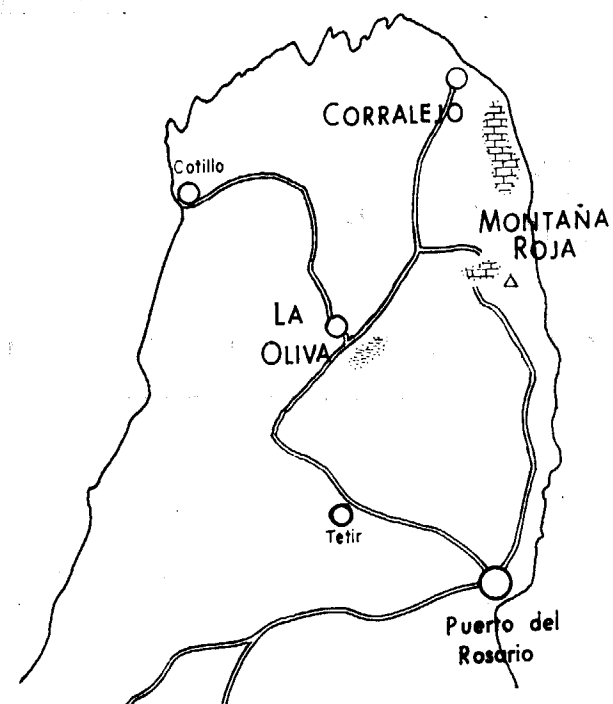
ANTECEDENTES

De la investigación previa que llevaron a cabo conjuntamente en 1967 el Instituto «Lucas Mallada», el Instituto «Eduardo Torroja» y el Instituto Geológico y Minero se dejó constancia en un informe en el que se afirmaba que se podía, teóricamente, fabricar un cemento portland de los materiales pétreos de la isla con un contenido de magnesia entre el 4,5 y el 5 %, valor que se encuentra próximo al límite establecido en el Pliego español (5 %) y supera el establecido en otros países (Inglaterra, 4 %).

Era preciso hacer una investigación en profundidad, ya que al informe anterior se había llegado por un reconocimiento superficial. A tal fin se redactó el oportuno proyecto de investigación por medio de sondeos y calicatas en las zonas más interesantes:

La zona de arcillas de La Oliva, por ser la más extensa.

Las zonas de arenas calizas, llamadas *jable* en el país, de Corralejo y Montaña Roja, porque sus primeras muestras daban un contenido de MgO inferior a las restantes zonas de la isla, teniendo en cuenta, además, su extensión.



Zona N. de la isla de Fuerteventura. Escala 1:400.000

OBRAS

En La Oliva se hicieron 34 sondeos y se obtuvieron 308 muestras. En Corralejo 28 sondeos y 208 muestras. En Montaña Roja 16 sondeos y 7 calicatas, con un total de 300 muestras.

Se hizo el levantamiento topográfico de superficie que, unido a los cortes de los sondeos, nos permitieron hacer los perfiles necesarios para calcular la cubicación.

ANÁLISIS

Todas las muestras obtenidas fueron enviadas al laboratorio del Instituto «Eduardo Torroja» de la Construcción y del Cemento, para su análisis. En este Instituto se analizaron 36 muestras.

Se observó bastante uniformidad en la composición de las arenas.

La zona de arenas calizas de Montaña Roja presentaba más heterogeneidad en la composición, pues durante su deposición hubo varias erupciones volcánicas.

Se dividió la zona en cuatro sectores, tres de ellos explotables.

Sector 1. 504.000 m³ de 3,20 % de media de MgO.

Variaciones:

- P. F. entre 39 y 42 %.
- MgO entre 2,6 y 4 %.
- SiO₂ entre 3,6 y 7,8 %.
- Al₂O₃ entre 0,5 y 2 %.
- Fe₂O₃ entre 0,6 y 1,7 %.
- CaO entre 46 y 50 %.
- Alcalis entre 0,2 y 0,3 %.
- SO₃ entre 0,54 y 0,9 %.

Sector 2. 840.000 m³ de 3,40 % de media de MgO.

Variaciones:

- MgO entre 2,8 y 4,5 %.
- P. F. entre 39 y 42 %.
- SiO₂ entre 3,5 y 8 %.
- Al₂O₃ entre 0,8 y 1 %.
- Fe₂O₃ entre 0,9 y 2 %.
- CaO entre 45 y 50 %.
- Alcalis entre 0,2 y 0,3 %.
- SO₃ entre 0,4 y 0,9 %.

Sector 3. 4.992.000 m³. Media de MgO de 3 %.

Variaciones:

- MgO entre 2,1 y 3,7 %.
- P. F. entre 39,5 y 42,5 %.
- SiO₂ entre 3,5 y 7 %.
- Al₂O₃ entre 0,8 y 0,9 %.
- Fe₂O₃ entre 0,9 y 1,7 %.
- CaO entre 46 y 50 %.
- Alcalis entre 0,2 y 0,8 %.
- SO₃ entre 0,5 y 0,7 %.

CUBICACIONES

La zona de Corralejo dio los siguientes resultados:

% de MgO	% P. F.	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% Fe ₂ O ₃	% CaO	Volumenes
De 3,10 a 3,40	43,43	1,88	0,45	0,55	50,66	18.520.750 m ³
De 3,4 a 3,6	43,29	2,18	0,46	0,58	49,76	3.442.500 m ³

Alcalis: Entre el 0,10 y el 0,50 %

La zona de arcillas de La Oliva en la que se cubicaron 14.681.605 m³ de material arcilloso presenta una enorme heterogeneidad tanto en profundidad como en superficie.

Se determinaron las pérdidas al fuego de todas y cada una de las muestras obtenidas, llegando a los siguientes resultados:

% Pérdidas al fuego	% muestras
10 al 15	— 36
15 » 20	— 18,5
5 » 10	— 18,5
25 » 30	— 13
20 » 25	— 11
0 » 5	— 3

Se levantaron perfiles longitudinales y transversales para ver si los materiales se distribuían según un orden y así indicarnos la forma más racional de explotación para obtener un producto homogéneo, pero la disposición de estos materiales también es anárquica.

La composición media de los materiales predominantes, es decir, del 10 al 15 % de P. F., es:

SiO ₂	entre el 45 y 50 %
Fe ₂ O ₃	» » 45 » 50 %
Al ₂ O ₃	» » 17 » 20 %
CaO	» » 5 » 10 %
MgO	» » 3,3 %

Aún quedan en la suma total de porcentajes res-

tos de materiales sin determinar, que en algunos casos resulta considerable.

CONCLUSIONES

1.^a La zona de Corralejo, de arenas calizas, tiene suficiente volumen y uniformidad para ser explotada económicamente.

2.^a En Montaña Roja, también de arenas calizas, hay un sector explotable económicamente de 5.000.000 m³ aproximadamente, que pudiera rebajar en 2 ó 3 décimas la proporción de MgO con relación a las de Corralejo.

3.^a En La Oliva sólo encontramos 1.900.000 m³ de material arcilloso explotable económicamente, de relativa homogeneidad en su composición. Los restantes materiales, hasta 14.000.000 m³, están intercalados de manera irregular en toda la masa con variaciones muy considerables en su composición, haciendo difícil y costosa la explotación para poder obtener un producto relativamente homogéneo.

4.^a No se ha mejorado el tanto por ciento medio de MgO ni en profundidad ni en superficie con relación al informe previo.

5.^a Estas conclusiones pueden considerarse provisionales, hasta que por el Instituto «Eduardo Torroja» de la Construcción y del Cemento, se hagan las dosificaciones convenientes de estos materiales para la obtención de cemento, a la vista de este trabajo.

Recibido: 7-XI-68.

Exploración de hidrocarburos en la Península: Determinación del esfuerzo a realizar

por E. DUPUY DE LÔME (*) y J. E. COMA GUILLEN (**)

RESUMEN

Del análisis del modelo europeo formado por los distintos países europeos, situados en la misma provincia petrolífera, a la cual pertenece España, se puede deducir los siguientes hechos:

1. Que la Europa productora ha realizado desde el final de la última Guerra Mundial, especialmente a partir de 1950, un esfuerzo sostenido y sistemático en la investigación, esfuerzo que a finales de 1966 alcanzaba el nivel de 97 sondeos por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria.

2. Que este esfuerzo ha tenido como consecuencia el hallazgo de unas reservas recuperables, que para ese mismo año ascendían a 2.730 · 10⁶ Tm. de equivalente petróleo.

3. Que la proporción entre hidrocarburos líquidos y gaseosos encontrados es del orden de uno a cinco.

Extrapolando para la España peninsular estos datos obtenidos del modelo europeo, adaptados de una parte a nuestras condiciones geológicas propias, y de otra al potencial económico del país, reflejado por su renta nacional, se obtienen las siguientes conclusiones.

a) El esfuerzo adecuado a realizar en la fase de investigación en que se encuentra la Península es de unos 440 sondeos suplementarios, que comportan 880.000 m. de perforaciones, lo que llevaría el nivel exploratorio a unos 37 sondeos por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria.

b) Este esfuerzo de investigación supondría unas inversiones de unos 14.000 · 10⁶ ptas., que se deberían gastar como máximo en los próximos siete años, es decir, unos 2.000 · 10⁶ ptas./año como mínimo, durante el período 1969-1975.

c) La labor exploratoria recomendada es previsible tenga como resultado encontrar unas reservas recuperables de unos 140 · 10⁶ Tm. de equivalente petróleo, de las que una proporción elevada lo serían en forma de hidrocarburos gaseosos.

d) De confirmarse el supuesto anterior, las inversiones en la investigación de la España peninsular hasta finales de 1968 —unas 7.326 · 10⁶ ptas—, acumuladas a los 14.000 · 10⁶ que se invertirían en el período 1969-1975, obtendrían una rentabilidad del 10 por 100.

INTRODUCCIÓN

En un trabajo anterior, publicado también por el Instituto Geológico y Minero de España (1), estudiamos las condiciones de rentabilidad con que

(*) (**) Doctores Ingenieros de Minas del I. G. M. E.

(1) Límites de la rentabilidad en la exploración de hidrocarburos. «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España», tomo LXXIX-II, año 1968.

podrían considerarse eventuales explotaciones de hidrocarburos en España, y llegamos a la conclusión de que, en las condiciones actuales, la extracción de hidrocarburos en España podría ser económicamente rentable, aun para producciones relativamente bajas, e incluso para la explotación de yacimientos petrolíferos situados a gran profundidad.

Una muy rápida revisión de las características geológico-petrolíferas de nuestro subsuelo, efectuada también en el ya mencionado artículo, nos

llevó a la conclusión de que son todavía muchas las grandes posibilidades que existen en España de encontrar yacimientos de hidrocarburos comercialmente explotables.

Queremos con esta afirmación salir al paso de algunos artículos y publicaciones recientes, en que, con más impresión subjetiva que sólida base científica, se afirma de forma contundente que en España han sido ya agotadas las posibilidades de encontrar nuevos yacimientos petrolíferos.

En las páginas que siguen, tendremos ocasión de ver, una vez más, cómo la mayor parte de las grandes cuencas sedimentarias españolas aparecen todavía inéditas en lo referente a la explotación de un porcentaje muy importante de sus eventuales objetivos petrolíferos.

Prescindiendo de los azares afortunados, por otra parte tan frecuentes en la historia de la exploración petrolífera mundial, y de todos estos casos tan conocidos en que la profundización de unos metros más de un sondeo en el que ya no se cifraban esperanzas, o la perforación de un último pozo daría por terminada la exploración de determinada región, han dado por resultado el descubrimiento de yacimientos de hidrocarburos a veces muy importantes, la realidad es que hoy día, en la mayor parte de las grandes cuencas sedimentarias, en las que existen fundamentadas razones para suponer la génesis de hidrocarburos, el hallazgo de yacimientos comercialmente explotables es casi una cuestión de estadística.

A mayor número de kilómetros de perfiles geofísicos y a mayor número de sondeos, corresponde casi invariablemente el descubrimiento de mayor producción de hidrocarburos líquidos o gaseosos. Quiere ello decir que, aún sin olvidar la influencia todavía muy notable del factor azar, el resultado positivo en la exploración de hidrocarburos dentro de cuencas sedimentarias petrolígenas se halla en razón directa a la magnitud del esfuerzo realizado.

Acabamos de decir que en España es evidente la presencia de importantes cuencas sedimentarias con probada génesis de hidrocarburos. Se impone, por tanto, como pregunta inmediata, si realmente podrá existir una relación tan directa como la que acabamos de exponer, entre el esfuerzo a realizar y el descubrimiento de producción comercial en estas cuencas, y, en tal caso, cuál será el orden de magnitud de este esfuerzo.

Dentro de la evidente ausencia de seguridad matemática con que se ha de mover siempre el investigador que intenta desentrañar los secretos de la Naturaleza, pretendemos demostrar con este trabajo la existencia de una evidente relación entre el esfuerzo de exploración y, si no la certeza, al menos la gran probabilidad, de encontrar producción comercial de hidrocarburos.

Pretendemos también cifrar el orden de magnitud del esfuerzo necesario para llegar a alcanzar este resultado en nuestro subsuelo.

Es evidente que el método a seguir ha de basarse en la adecuada ponderación de los resultados obtenidos hasta ahora en áreas cuyas características geológico-petrolíferas sean al menos relativamente semejantes con las nuestras. Acudimos, por tanto, al análisis e interpretación de datos referentes a la exploración de hidrocarburos dentro del ámbito europeo.

Existe, forzosamente, una determinada inexactitud en lo referente a estos datos, especialmente cuando se trata de períodos de exploración ya lejanos en el tiempo, y es también inevitable un cierto subjetivismo en lo que a su interpretación y ponderación se refiere.

Quiere ello decir que no buscamos ni pretendemos obtener una gran precisión en las conclusiones de este trabajo. Nos basta con alcanzar unos puntos de referencia que permitan fijar un sentido y una dirección al camino que conjuntamente hemos de recorrer cuantos en la exploración de hidrocarburos trabajamos en nuestra Patria, y un orden de magnitud en lo que se refiere al esfuerzo económico que habría que solicitar del país, y al esfuerzo material en que habrían de verse involucrados nuestros equipos dedicados a esta apasionante tarea de la exploración petrolífera.

En lo que a la obtención de datos para la confección de este estudio se refiere, en todos aquellos casos en que nos ha sido posible, nos referimos, con una oportuna llamada, a la publicación o fuente de donde estos datos han sido tomados.

Ello no obstante, queremos hacer resaltar la enorme ayuda que hemos obtenido en el trabajo denominado «Necesidad, justificación y propuesta de creación de un sistema de incentivos a la exploración española de hidrocarburos», que fue preparado por la Compañía Española de Petróleos (CEPSA), y la Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas (CIEFSA) para la Comisión de la Energía, del Plan de Desarrollo.

Este informe fue preparado y coordinado por don Emilio Sanz Hurtado, a quien desde aquí expresamos nuestra gratitud por la ayuda que nos ha supuesto.

Vamos a considerar, por tanto, en las páginas siguientes, cuál habría de ser el orden de magnitud del esfuerzo necesario para situar las exploraciones petrolíferas en nuestro país a un nivel semejante al medio obtenido en Europa para esta actividad, aún conservando, con un criterio realista, y para no desorbitar los términos del problema, un retraso todavía de diez a veinte años en relación, repetimos, con el esfuerzo que por término medio han dedicado a la investigación de

hidrocarburos los restantes países con posibilidades petrolíferas de nuestro continente.

I. LA INVESTIGACIÓN EN LA EUROPA PRODUCTORA

Lo que sigue se refiere a la Europa productora, exceptuando a Inglaterra, dado que los importantes pero recientes descubrimientos de gas del mar del Norte están actualmente en periodo de desarrollo, lo que impide darles su adecuado paso. De esta manera, al prescindir de ellos en el balance general de las reservas europeas, se actúa por defecto haciendo que las posteriores consideraciones sean hechas con criterio pesimista. (Las últimas estimaciones de las reservas de gas de los campos del Mar del Norte alcanzar la elevada cifra de $770 \cdot 10^9$ m³) (World Petroleum, abril 1968).

Asimismo, se ha prescindido de los países productores tras el telón de acero —Rumanía y Yugoslavia— a causa de la falta de datos que de ellos se tiene.

El índice más apropiado para evaluar la densidad del esfuerzo en la investigación de hidrocarburos lo da el número de sondeos hechos por cada 10.000 kilómetros cuadrados de superficie sedimentaria, con posibilidades potenciales de almacenar hidrocarburos. Este índice, junto con el número de meses de equipo de sismica referidos a la misma unidad de superficie, nos indica el grado de investigación que ha alcanzado un territorio. Ambos índices, unidos al número de metros perforados en sondeos de investigación, completan los datos principales a retener cuando se trata de analizar el esfuerzo de investigación. El volumen de la sismica y el total de metros perforados son generalmente función del número de sondeos, que referidos a la unidad de superficie sedimentaria (10.000 km²), constituyen el principal índice. Esta es la razón que lo empleemos siempre que queramos analizar la intensidad de la exploración. Esta, para la Euro-

a) Esfuerzo realizado

CUADRO I

Esfuerzo relativo de exploración acumulado en España, desde el origen, para el período 1950-1967

(PENINSULA)

A ñ o s	Sondeos de exploración acumulados por cada 10.000 Km ² de superficie sedimentaria	Miles de m. perforados acumulados en exploración por cada 10.000 Km ² de superf. sedimentaria	Meses/equipo sismica acumulados por cada 10.000 Km ² de superficie sedimentaria
Hasta 1950	1,5	1,14	1,8
» 1951	1,6	1,28	2,—
» 1952	1,7	1,39	2,3
» 1953	1,8	1,67	2,6
» 1954	2,2	2,05	3,6
» 1955	2,3	2,31	4,1
» 1956	2,9	3,21	6,9
» 1957	3,5	4,42	10,1
» 1958	4,1	5,50	12,5
» 1959	5,1	7,40	14,3
» 1960	5,7	8,95	17,5
» 1961	6,4	10,66	22,5
» 1962	7,4	13,08	26,9
» 1963	8,8	15,79	29,8
» 1964	9,9	17,06	32,3
» 1965	10,6	18,11	—
» 1966	11,6	20,18	—
» 1967	12,20	21,40	—

Superficie sedimentación útil de la Península: 200.000 km².

NOTA: No se incluyen los sondeos de desarrollo del campo de Ayoluengo, que corresponden a una fase posterior y distinta de la exploración.

pa productora, se pone de manifiesto en los cuadros I, II, III, IV y V, y gráficos I y II, que al final se transcriben, y en los que se incluyen el esfuerzo realizado en la Península.

Del cuadro V se desprende que en el año 1966, el modelo europeo, de una superficie sedimentaria potencialmente interesante de $68,72 \cdot 10.000$ km², se había investigado con 97 sondeos por cada 10.000

CUADRO II

Esfuerzo anual absoluto de exploración en España para el período 1950-1967

(PENINSULA)

A ñ o s	Sondeos de exploración	Metros perforados exploración	Profundidad media de los sondeos explor. en 10 ³ metros	Meses/equipo sismica exploración	Relación meses/equipo sismica /sondeos exploración
Hasta 1950	29	22.735,—	0,784	35	1,2
» 1951	2	2.831,—	1,415	4	2,—
» 1952	2	2.221,5	1,111	6	3,—
» 1953	2	5.592,3	2,796	6	3,—
» 1954	8	7.616,9	0,914	20	2,5
» 1955	3	5.114,4	1,705	10	3,3
» 1956	12	18.075,6	1,506	56	4,7
» 1957	11	24.258,8	2,205	36	3,3
» 1958	13	21.504,8	1,654	48	3,7
» 1959	20	38.107,9	1,905	36	1,8
» 1960	12	30.910,8	2,576	62	5,2
» 1961	14	34.187,7	2,442	102	7,3
» 1962	20	48.517,1	2,426	88	4,4
» 1963	28	44.134,9	1,576	57	2,—
» 1964	21	25.481,9	1,213	50	2,4
» 1965	15	32.233,9	2,149	?	?
» 1966	20	40.406,75	2,020	?	?
» 1967	13	24.412,30	1,877	?	?
	245	428.043,05	1,747	—	—

NOTA: No se incluyen los sondeos de desarrollo del campo de Ayoluengo, que corresponden a una fase posterior y distinta de la exploración.

CUADRO III

Esfuerzo relativo de exploración acumulado en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1964

A) METROS PERFORADOS EN EXPLORACIÓN

Miles de metros totales acumulados de exploración perforados por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria

Países	Superficie sedimentaria en 10 000 Km ²	Hasta 1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
			Austria	2,98	131	144	156	169	183	187	195	206	215	231	241	251
Alemania occidental	19,80	59	65	71	78	87	96	105	115	126	135	141	150	158	168	175
Francia	27,25	9	13	17	20	23	26	29	36	44	53	60	68	74	82	88
Holanda	3,29	38	44	49	58	64	69	74	79	84	90	94	98	102	105	115
Italia	15,40	5	6	9	13	19	24	31	40	50	61	74	88	104	118	131
TOTAL	68,72	15	19	24	29	35	40	47	55	64	74	82	93	102	112	120

NOTA: Datos relativos al área metropolitana. No incluidos los sondeos de desarrollo y de producción.

FUENTES DE DATOS BÁSICOS: Comité Spécial du Pétrole, OCDE (Publicaciones 1957 y 1962). Commission de la Dir. Gen. des affaires Econ. et Financs. de la CEE. Institut Français du Pétrole. Office Statistique des Communautés Européennes. World Oil. «Perspectives d'Exploration à l'Etranger, SNPA» (Pradahí, Sanz Hurtado).

CUADRO IV

Esfuerzo relativo de exploración acumulado en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1964

B) SÍSMICA

Meses/equipo sísmica acumulados efectuados por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria

Países	Superficie sedimentaria en 10.000 Km ²	Hasta 1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Austria	2,98	103	108	122	135	142	149	157	174	201	225	239	253	267	282	290
Alemania occidental	19,80	64	81	101	120	138	158	177	198	225	249	263	285	305	323	339
Francia	27,25	6	8	12	15	21	29	39	54	66	73	77	82	88	92	96
Holanda	3,29	31	38	42	45	49	54	61	69	76	84	90	96	107	125	167
Italia	15,40	19	28	36	45	54	66	89	104	115	128	139	146	153	160	167
TOTAL	68,72	31	39	49	59	69	81	97	113	129	143	154	165	175	186	196

CUADRO V

Esfuerzo relativo de exploración acumulado en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1966

C) SONDEOS DE EXPLORACIÓN

Sondeos de exploración acumulados efectuados por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria

Países	Superficie sedimentaria en 10.100 Km ²	Hasta 1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
Austria	2,98	144	157	170	184	197	199	203	208	213	223	230	233	237	241	246	260
Alemania occidental	19,80	49	52	57	61	66	71	77	82	88	93	97	100	102	105	108	130
Francia	27,25	7	9	10	12	13	15	18	21	26	30	35	38	42	46	56	70
Holanda	3,29	31	33	35	39	43	49	51	54	57	60	62	63	65	66	74	85
Italia	15,40	5	5	6	9	11	14	18	23	28	35	42	46	52	56	61	75
TOTAL	68,72	25	28	30	33	37	40	44	48	54	59	63	67	71	74	81	97

CUADRO VI

Petróleo: Producción media por pozo y día, en Tm.

País	1956	1957	1958	1959	1960
Alemania	5,6	5,6	5,5	6,—	5,9
Austria	—	13,26	11,88	10,10	9,11
Francia	44,—	43,7	35,8	36,5	22,5
Italia	32,8	35,1	36,7	39,7	42,3
Holanda	16,—	16,4	17,8	23,5	25,—
Media	—	10,1	9,7	9,85	10,—

CUADRO VII

Gas: Producción media por pozo y día, en miles de m³

País	1956	1957	1958	1959	1960
Alemania	20,—	13,—	12,—	10,—	17,5
Austria	34,—	69,—	68,—	77,—	106,—
Francia	82,—	90,—	120,—	193,—	278,—
Italia	20,—	20,—	19,5	22,—	25,—
Holanda	50,—	17,—	29,—	42,—	31 ¹
Media	36,—	31,—	38,5	45,4	52,5

¹ Sin considerar el campo de Groningen.
FUENTES: Comité Especial del Petróleo, O. C. D. E., 1962.

CUADRO VIII

Reservas acumuladas de hidrocarburos descubiertas en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1966

Reservas de hidrocarburos acumuladas descubiertas y recuperables (en 10⁶ Tm. equivalentes de petróleo)

Países	Hasta 1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1966
Austria	53,5	63,5	76,—	84,—	102,5	104,5	104,5	104,5	104,5	104,5	111,5	116,—	116,—	116,—	116,—	119,—
Alemania occidental	52,4	58,4	74,—	83,—	96,—	102,3	107,2	113,5	124,—	133,2	165,2	199,4	227,—	323,—	366,—	378,—
Francia	17,5	19,—	19,—	17,7,—	191,—	198,—	200,—	205,—	207,—	247,—	249,—	250,—	250,—	250,—	250,—	272,—
Holanda	9,—	9,—	10,5	10,5	19,—	19,—	23,5	25,—	39,—	41,—	1.641,—	1.641,—	1.641,—	1.641,—	1.641,—	1.641,—
Italia	85,8	85,8	85,8	87,—	87,—	99,5	121,—	160,—	190,—	262,—	299,5	303,—	312,—	312,—	317,—	320,—
TOTAL	218,2	235,7	265,3	440,3	495,5	554,2	603,—	662,5	747,7	2.466,4	2.508,4	2.546,—	2.642,—	2.642,—	2.690,—	2.730,—

NOTA: Las reservas acumuladas descubiertas correspondientes a un año determinado equivalen a las reservas existentes en dicho año más la producción total acumulada desde el origen. La equivalencia retenida para el gas natural es de: 1.000 m³ gas = 1 Tm. Petróleo.

FUENTES DE DATOS BÁSICOS: Comité Spécial du Pétrole OCDE (1957 y 1962). Office Statistique des Communautés Européennes. Boletines del AAPG. Petroleum Press Service. World Petroleum. Sindicato N. del Combustible, febrero 1968.

CUADRO IX

Rendimiento acumulado de la exploración en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1966

Reservas de hidrocarburos acumuladas descubiertas por cada km² de superficie sedimentaria (en Tm. equivalentes petróleo)

Países	Superficie sedimentaria en 10.000 Km ²	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1966
Austria	2,98	1.800	2.130	2.550	2.819	3.440	3.507	3.507	3.507	3.507	3.507	3.742	3.898	3.898	3.898	3.898	4.000
Alemania occidental	19,80	265	294	374	419	485	517	541	573	626	673	834	1.007	1.146	1.631	1.848	1.900
Francia	27,25	64	70	70	65,0	701	727	734	753	760	906	914	917	917	917	917	1.000
Holanda	3,29	274	274	319	319	578	578	714	760	1.185	1.246	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Italia	15,40	557	557	557	557	565	666	786	1.039	1.234	1.701	1.945	1.968	2.026	2.026	2.026	2.100
TOTAL	68,72	318	343	386	640	721	762	806	877	964	1.088	3.590	3.654	3.709	3.849	3.919	3.980

FUENTES DE DATOS BÁSICOS: Cuadros V y VIII del presente estudio.

kilómetros cuadrados, y que en la Península, según el cuadro I, apenas con 12.

b) Reservas encontradas.

El esfuerzo reseñado en los tres primeros cuadros ha tenido como consecuencia encontrar las reservas recuperables que reflejan los cuadros VIII, IX y X, y que totalizaban a finales de 1966, $2.730 \cdot 10^9$ Tm. de equivalente petróleo. Después de esta fecha, en Europa no han ocurrido descubrimientos notables a excepción de los ya citados del Mar del Norte.

De las reservas acumuladas encontradas, más del 80 por 100 lo han sido en forma de hidrocarburos gaseosos, ya que el yacimiento de Groningen (Holanda) supone el solo unas reservas recuperables de $1,6 \cdot 10^{12}$ m³ (2) (Groningen está actualmente considerado como el campo de gas mayor del mundo en cuanto a reservas se refiere); aún dejando aparte el caso holandés y los campos del

mar del Norte, las reservas francesas e italianas de gas exceden a las del petróleo. En el caso de Francia, la proporción es de 4 a 1, y en Italia los hidrocarburos gaseosos superan algo a los líquidos.

En cambio, en Alemania y Austria son inferiores.

Por consiguiente, el esfuerzo realizado en Europa ha tenido como resultado encontrar importantes acumulaciones de gas —campos de Groningen y del mar del Norte—, yacimientos notables en Francia e Italia, y menores en Alemania y Austria.

Los hallazgos de petróleo han sido inferiores, aunque las reservas acumuladas y recuperables ascendían a fines de 1966 a $500 \cdot 10^6$ Tm.

La profundidad media de los yacimientos de petróleo hallados es del orden de los 1.500 m. y la de los campos de gas algo menor de los 3.000 metros (3).

Las productividades medias por día y por pozo, descubiertas después de 1944 (que totalizaban la mayor parte de las producciones), vienen reflejadas en los cuadros VI y VII.

CUADRO X

Rendimiento técnico acumulado del esfuerzo de exploración en Europa occidental, desde el origen, para el período 1950-1966

Reservas de hidrocarburos acumuladas descubiertas por sondeo de exploración (en 10^9 Tm. equivalentes de petróleo)

Países	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1966
Austria	137	148	163	165	187	189	185	180	175	167	173	177	174	171	167	158
Alemania occidental	54	56	66	69	74	73	71	70	71	72	86	101	112	156	171	147
Francia	95	80	67	545	532	486	404	346	289	249	262	238	217	200	188	142
Holanda	93	83	92	81	133	117	139	138	206	205	8.000	7.950	7.700	6.760	5.868	
Italia	1.225	1.114	866	650	502	465	426	441	434	486	461	423	390	359	338	277
TOTAL	128	125	127	192	196	191	183	181	180	185	570	545	522	493	410	

Las medidas del cuadro VII aumentarían considerablemente si se hubiese tenido en cuenta el campo de Groningen, acabado de descubrir en el año 1960. En este campo las productividades medias de los pozos son de un millón de m³/día, y para 1968 se espera alcanzar una producción anual de $25.000 \cdot 10^6$ m³, lo que supone aproximadamente el 60 por 100 de la producción total europea (sin contar los campos del Mar del Norte).

(2) World Petroleum. Abril 1968.

c) Relación entre el esfuerzo realizado y las reservas encontradas

Si con los datos incluidos en los cuadros V, índice del esfuerzo por unidad de superficie sedimentaria, y IX, reservas acumuladas obtenidas por km², se confecciona un gráfico, éste representaría el rendimiento superficial de la exploración en el modelo europeo (gráfico 3).

(3) Comité Especial del Petróleo O. C. D. E. y Petroleum World.

En él se puede observar que la curva presenta los más fuertes gradientes para valores del esfuerzo entre 30 y 40 (dejando aparte el salto brusco, hacia los 60, que supuso el descubrimiento del inmenso campo de gas de Groningen); asimismo, hasta el valor 35 de la curva aumenta notablemente, pero a partir del orden de los 65, el rendimiento decrece.

d) Valoración económica del esfuerzo

«A priori», parece lógico suponer que el esfuerzo que un país consumidor desarrolla en el campo de la investigación esté estrechamente relacionado con el nivel de sus necesidades en hidrocarburos

CUADRO XI

Demanda interior per cápita de hidrocarburos en Europa occidental petrolera para el período 1950-1964

TOTAL HIDROCARBUROS

Consumo interior anual de hidrocarburos por habitante (1) (en 10^3 kg equivalentes petróleo per cápita)

Países	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Austria	160	194	203	230	278	343	368	383	420	506	616	675	776	860	954
Alemania occidental	74	102	117	136	169	211	269	291	367	443	543	658	806	950	1.092
Francia	228	257	269	300	335	371	413	411	458	498	572	644	740	853	970
Holanda	259	276	276	299	351	421	511	518	588	666	776	863	1.025	1.185	1.364
Italia	112	133	154	192	221	268	320	345	376	494	502	582	683	785	894
TOTAL	143	170	184	213	247	292	306	359	416	472	558	647	766	887	1.014
España	38	46	60	82	97	107	121	135	154	173	192	211	245	283	326

Consumo español en 1965: 377 kg./habitante.

Estimaciones consumo futuro español: 1970, 728/habitante; 1975, 1.076/habitante (hipótesis conservadoras).

FUENTES DE DATOS BÁSICOS: Statistiques Industrielles OCDE. Statistiques Petrolières OCDE. Yearbook 1964, ONU.

CUADRO XII

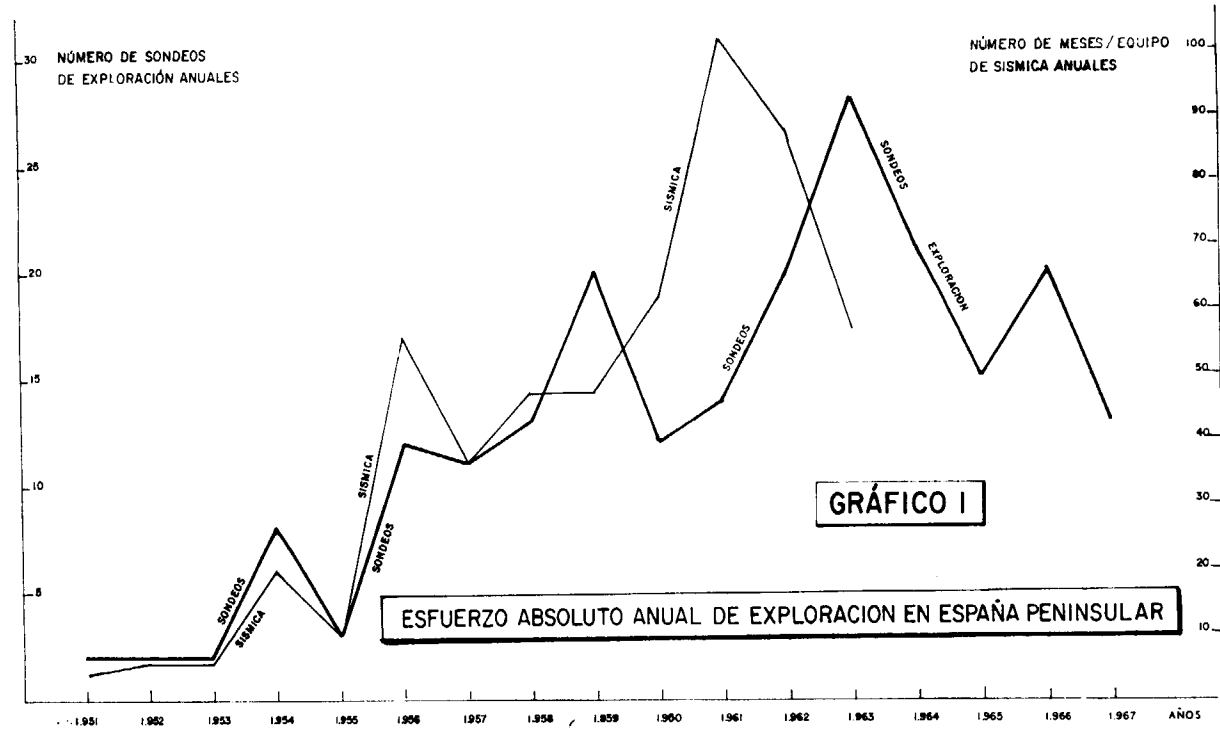
Inversiones específicas de exploración en las zonas metropolitanas de los países europeos petrolíferos, en el período 1957-1961

Países	Año 1957		Año 1958		Año 1959		Año 1960		Año 1961	
	Renta Nac. Per cápita \$/habit.	Inver. expl. % de la renta Nac. Per cápita	Renta Nac. Per cápita \$/habit.	Inver. expl. % de la renta Nac. Per cápita	Renta Nac. Per cápita \$/habit.	Inver. expl. % de la renta Nac. Per cápita	Renta Nac. Per cápita \$/habit.	Inver. expl. % de la renta Nac. Per cápita	Renta Nac. Per cápita \$/habit.	Inver. expl. % de la renta Nac. Per cápita
Austria	557	0,11	583	0,16	610	0,20	680	0,09	749	0,12
Alemania occ.	780	0,25	830	0,28	880	0,25	1.040	0,17	1.160	0,17
Francia	880	0,23	880	0,28	920	0,21	1.010	0,19	1.110	0,17
Holanda	690	0,06	698	0,06	731	0,05	800	0,05	842	0,05
Italia	410	0,2	440	0,2	468	0,19	509	0,18	556	0,15

NOTA: Inversiones de exploración realizadas en territorio europeo, es decir, no se incluyen las inversiones de exploración en el extranjero.

FUENTES: Perspectives des investissements à l'étranger (Europa). SNPA 1962 (Pradahl, Sanz Hurtado).

(1) Comprende los productos petrolíferos y el gas natural.



que, a su vez, está en íntima conexión con su renta nacional, indicadora en último término del potencial económico de un país, y de las posibilidades que éste tiene de desarrollar cualquier política de inversiones en la exploración.

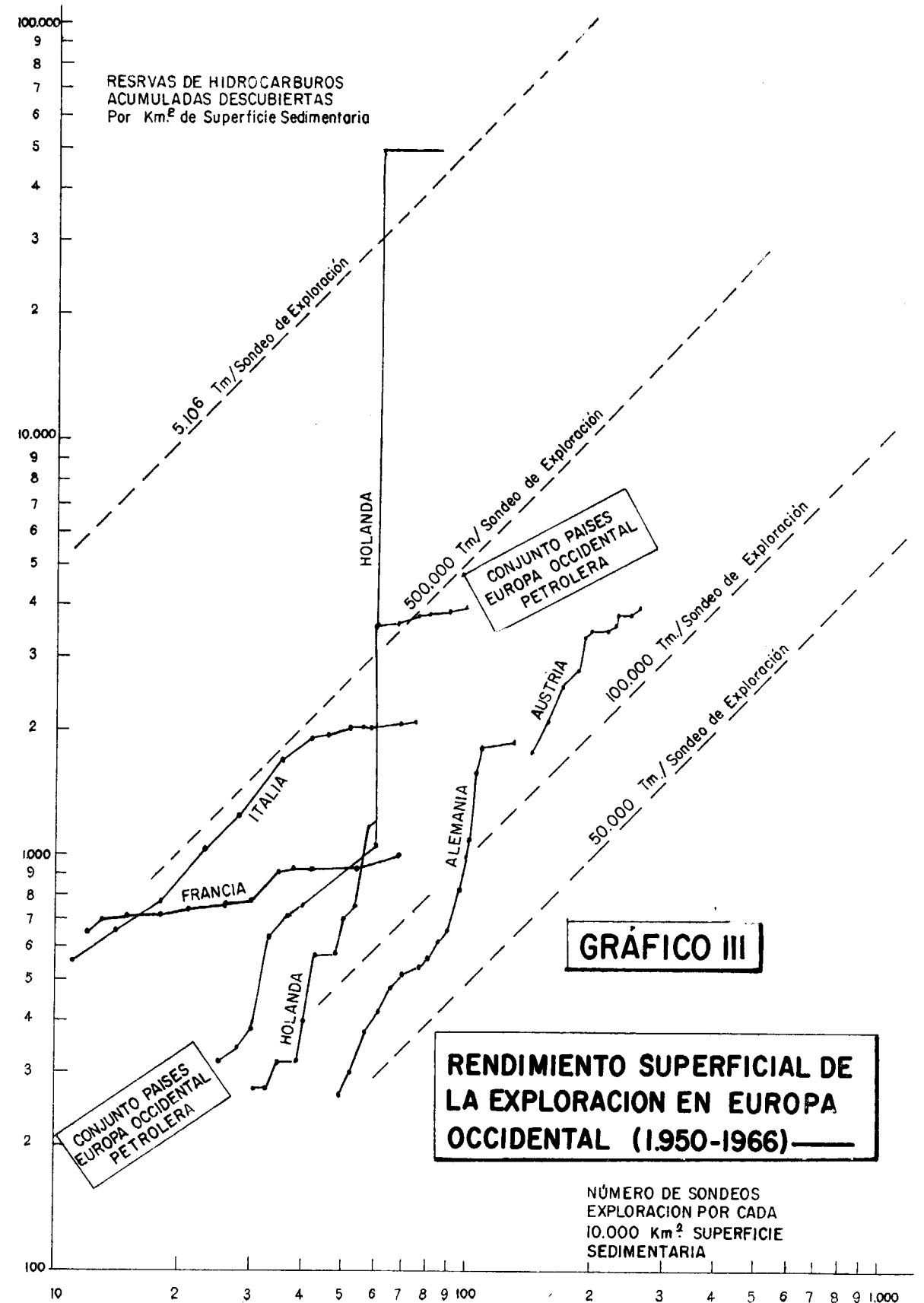
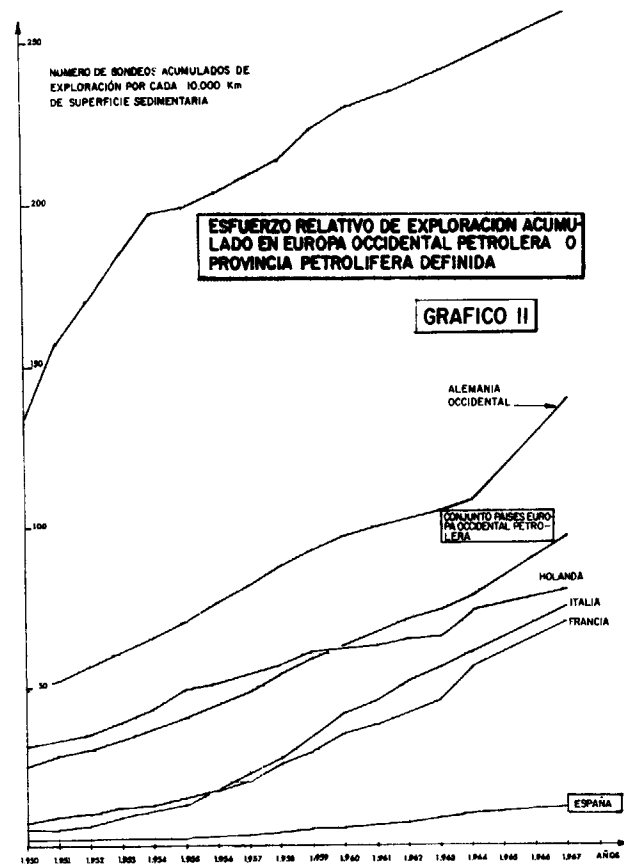
Este razonamiento se confirma en el modelo europeo. El gráfico número 4 se ha confeccionado a partir de los cuadros V y XI, y en él se comprueba la estrecha correlación estadística existente entre la demanda específica y el esfuerzo realizado. La relación es del tipo $y = A \cdot x^m$, y el coeficiente de correlación es del orden de 0,9, suficientemente válido por su proximidad a la unidad.

El esfuerzo económico a que han estado sometidos los países europeos para alcanzar este nivel de investigación queda reflejado, para el período 1957-1961, en el cuadro XII, donde las inversiones están referidas a las rentas nacionales.

A continuación se transcriben los cuadros ya citados, y los gráficos 1 al 4.

2. EXTRAPOLACIÓN PARA ESPAÑA PENINSULAR DEL MODELO EUROPEO: ESFUERZO A REALIZAR

Extrapolar el modelo europeo a España peninsular será válido siempre que las condiciones y características geológicas de la Península sean similares a la de los países petrolíferos europeos considerados. Así ocurre, ya que ellos, incluido



España, forman una vasta unidad desde el punto de vista geológico dentro de la cual sus distintos componentes han tenido paralela evolución a lo largo de los tiempos geológicos, reconociéndose en todos ellos, en líneas generales, características y rasgos comunes.

El Informe de la O. C. D. E., de octubre de 1962,

preparado por su Comité del petróleo, divide la superficie de un país, en relación con sus posibilidades en hidrocarburos, en cuatro categorías, que corresponden a las zonas claramente desfavorables, de interés débil, bastante favorables y favorables.

Esta clasificación la concreta en el siguiente cuadro:

CUADRO XIII

Superficie de los diferentes países, en km²

País	Superficie total	Zonas desfavorables 1+2		Zona 3 bastante favorable		Zona 4 favorable		Zona 3+4	
		Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%	Superficie	%
Alemania	245.289	47.347	19,3	121.011	76,931	197.942	80,7		
Austria	83.851	64.051	76,4	7.300	12.500	19.800	23,6		
Francia	551.441	278.941	50,6	221.550	50.950	272.500	49,4		
Italia	301.081	147.324	48,9	54.927	98.830	153.757	51,1		
Holanda	33.734	819	2,4	20.602	12.313	32.915	97,1		
España	498.050	203.675	40,9	233.125	61.250	294.375	59,1		

Fuente: Comité Especial del Petróleo. O. C. D. E., 1962.

Los cuadros que figuran en el apartado anterior, relativos al esfuerzo europeo en relación con su superficie sedimentaria —cuadros III, IV y V— y al rendimiento acumulado de la exploración —cuadro IX y el gráfico número 3—, se han basado en estas informaciones del informe de la O. C. D. E., tomando para ello como superficie sedimentaria potencialmente interesante, la suma de las áreas 3 y 4 que figuran en el cuadro XIII.

En cambio, para la España peninsular no se ha procedido así; en las consideraciones que siguen y en relación con la superficie sedimentaria española en principio apta para la investigación de hidrocarburos, se adopta un criterio más restrictivo que en el Informe de la O. C. D. E., y se estima una superficie de 200.000 km² en vez de los 294.375 km² que propone el citado trabajo; con ello, al extrapolar para España el modelo europeo, se actúa con un criterio de seguridad, aunque en rigor no sería necesario, ya que las consideraciones estadísticas que se hacen en este trabajo han utilizado precisamente este cálculo que el Informe de la O. C. D. E. hace de las superficies y que está basado en las condiciones objetivas que presentan las distintas cuencas sedimentarias, independientemente de las condiciones particulares de cada una de ellas, que son las que «a posteriori» las valoran o desmerecen,

a) Magnitud del esfuerzo a realizar

España ha tenido en el año 1967 un consumo total de hidrocarburos de 16.910.700 Tm. (4), lo que corresponde a 0,52 kg. por habitante.

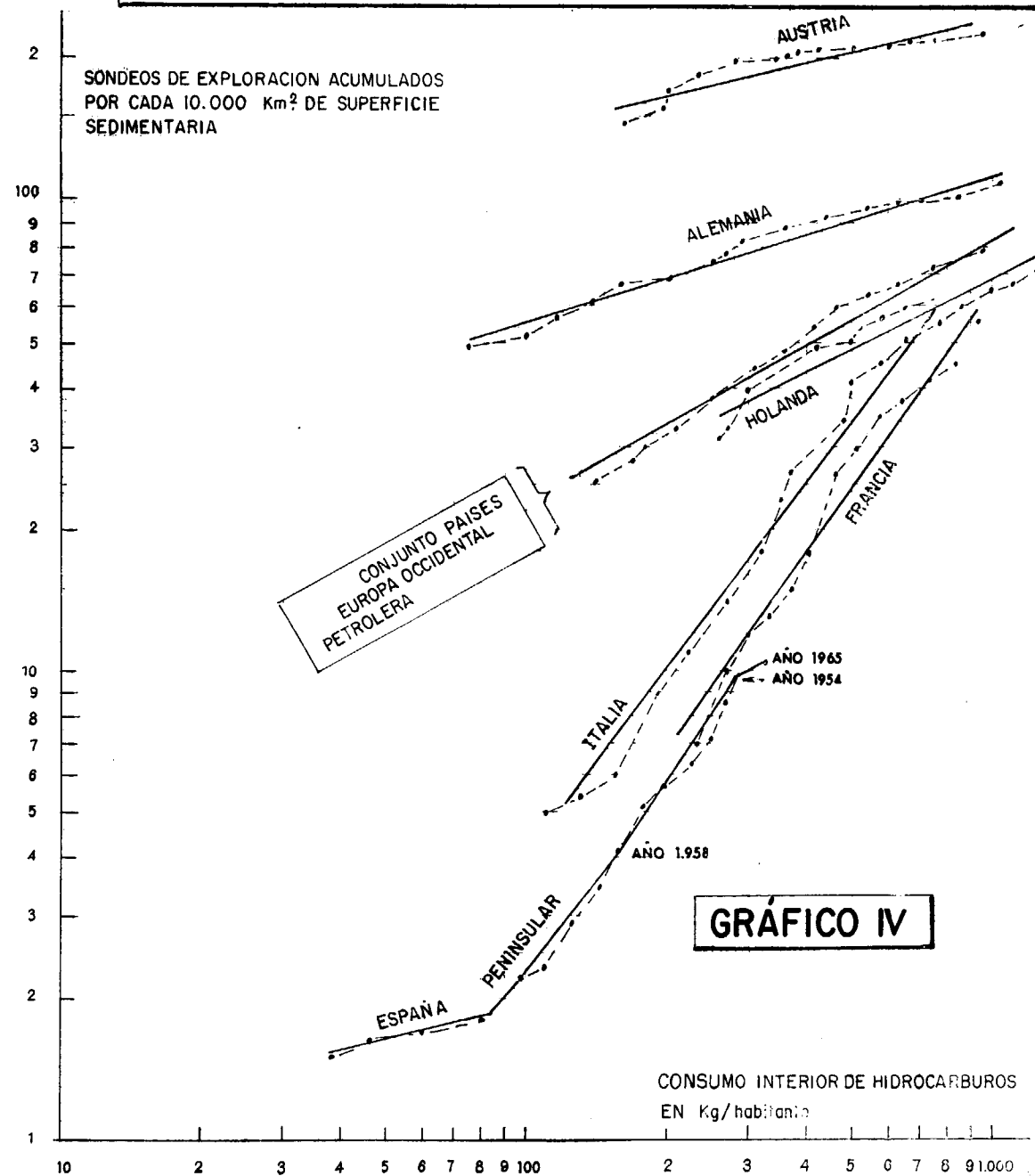
De acuerdo con el gráfico número 4, correlación entre la demanda interior de hidrocarburos y el esfuerzo de exploración, a este consumo debería haber correspondido un esfuerzo acumulado de unos 50 sondeos/10.000 km² de superficie sedimentaria, lo que supondría haber encontrado, gráfico número 3, unos 180 · 10⁶ Tm. de equivalente petróleo, de los cuales una parte importante lo serían en forma de hidrocarburos gaseosos, todo ello extrapolando el modelo europeo.

En el año 1967, el nivel de investigación alcanzado en España era solamente de unos 12,2 sondeos/10.000 km², y para finales de 1968, 13, lo que supone, evidentemente, un gran retraso en la investigación, y que puede explicar la falta de hallazgos que hasta ahora ha tenido la búsqueda de hidrocarburos en la Península.

La exploración de petróleo y del gas está sujeta a un conjunto de normas, una de las cuales señala que el éxito, salvo raras excepciones, va unido al esfuerzo continuado y sistemático, y que sola-

(4) Sindicato Nacional del Combustible.

CORRELACION ENTRE EL ESFUERZO RELATIVO DE EXPLORACION Y LA DEMANDA INTERIOR EN EUROPA OCCIDENTAL (1.950-1.964)



mente después de haber alcanzado un determinado nivel acumulado cabe esperar encontrarlo. El gráfico número 3 es una prueba de ello. Para el modelo europeo ha hecho falta unos 25 sondeos por

unidad sedimentaria antes de haber encontrado unas reservas de 300 Tm/km² y 60 sondeos para poder hallar un campo de la magnitud de Groningen. En la exploración de hidrocarburos no alcanza

zar un nivel determinado en el esfuerzo lleva aparejado, en la mayor parte de los casos, no lograr una rentabilidad adecuada a las inversiones hechas o aún la pérdida total de ellas.

Parece claro que España debe establecer una política de investigación para la Península tendente a situar lo más rápidamente posible (5) el esfuerzo acumulado de investigación al nivel que el modelo europeo señala como más interesante (dejando aparte el nivel 60, descubrimiento de Groningen, que constituye un punto singular), todo ello atemperado a nuestras posibilidades económicas.

Del gráfico número 3 se desprende que el rendimiento más fuerte se sitúa hacia el nivel 34, a partir del cual el gradiente de la curva empieza a suavizarse. Parecida conclusión se obtiene al conjuntar los cuadros V y X —rendimiento técnico de la exploración o, lo que es lo mismo, reservas de hidrocarburos descubiertas desde el origen por sondeo de exploración realizado—, que nos da un nivel de 37.

Se debe, pues, considerar un esfuerzo del orden de los 35 sondeos por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria, como el más adecuado para esta primera fase en que se encuentra la investigación de la Península.

Las cuestiones siguientes que se plantean son, de una parte, la cuantía financiera que requiere dicho esfuerzo y, de otra, el período de tiempo en que habrá de realizarse. Ambas cuestiones se analizan en el epígrafe siguiente.

b) Período de tiempo y magnitud de las inversiones a efectuar

Para calcular la magnitud de las inversiones que supone el esfuerzo anteriormente determinado, se acude al concepto de «sondeo integrado», que consiste en atribuir todos los gastos de exploración a una unidad técnica de investigación (6).

(5) Imprimir la máxima celeridad a este esfuerzo lo aconsejan —desde la óptica que estamos tratando el tema— entre otras, las siguientes razones:

a) Elevado incremento anual de las necesidades de hidrocarburos y, por consiguiente, de divisas.

b) Riesgo de abandono de la exploración por los capitales privados si los hallazgos se retrasan; en cambio, descubrimientos en un período próximo canalizarían hacia la investigación, incrementado, el ahorro particular.

c) Hacer menor el peso de los intereses intercalarios de las sumas ya gastadas en la exploración y, por consiguiente, abaratar el coste de los futuros hidrocarburos producidos.

d) Recuperar más rápidamente los capitales invertidos en la investigación.

(6) Método empleado en el IV Plan de Desarrollo francés.

El coste del «sondeo integrado» para la Península puede calcularse sumando los siguientes conceptos:

1. Coste medio del sondeo de exploración.

La profundidad media de los sondeos en la Península hasta el año 1967, fue de 1.747 m. (cuadro V). Como ella tiende a crecer, es razonable prever para la investigación futura una profundidad media de los sondeos de 2.000 m.

El coste medio de un sondeo de 2.000 m. es del orden de 16 · 10⁶ pesetas (8.000 ptas./m.).

$$C' = 16 \cdot 10^6 \text{ ptas.}$$

2. Coste medio de la sísmica atribuible a cada sondeo de investigación.

La relación meses de equipo de sísmica por cada sondeo de exploración da un valor de 3,1 como media, para el modelo europeo (7).

El coste de cada mes/equipo de sísmica es de 3,5 · 10⁶ ptas.

El coste de la sísmica por sondeo será:

$$C'' = 3,1 \cdot 3,5 = 10,85 \cdot 10^6 \text{ ptas.}$$

3. Coste de los trabajos magnéticos, gravimétricos, geológicos, etc. (un 10 por 100 del coste de los sondeos y de la sísmica).

El mismo % se supone para cubrir los gastos generales:

$$C''' = 1,2 (C' + C'') = 5,37 \cdot 10^6.$$

El coste medio del sondeo integrado será la suma de los distintos elementos calculados:

$$C = C' + C'' + C''' = 32 \cdot 10^6 \text{ ptas.}$$

Al final de 1968 el nivel de investigación de la Península será de unos 13 sondeos por 10.000 km² de superficie sedimentaria (superficie asignada: 200.000 km² en total).

Para elevar el nivel a 35 sondeos hará falta hacer (35 — 13) · 20 = 440 sondeos suplementarios.

Por consiguiente, las inversiones necesarias

(7) Comité Especial del Petróleo O. C. D. E., 1962.

para realizar los 440 sondeos suplementarios serán:

$$440 \cdot 32 = 14.000 \cdot 10^6 \text{ ptas.}$$

Estas inversiones se deberán efectuar en el más pequeño plazo posible, compatible con el nivel económico del país, cuya cuantía viene reflejada por la renta nacional.

Esta es la razón por la que se ha incluido el cuadro XII, que recoge las inversiones realizadas en exploración (8) por los distintos países del modelo, en el quinquenio 1957-1961, referidas a sus rentas nacionales.

Dejando aparte los casos de Austria y Holanda, cuyas superficies son pequeñas, en los otros tres, de extensión comparable, el esfuerzo oscila entre el 0,28-0,15 por 100 de su renta nacional.

Fijándonos en el caso de Italia, la cual en este período tenía una renta nacional inferior a la actual española, y a la que se le ha asignado una superficie sedimentaria útil de 153.757 km², también menor a la de España, se observa que la media gastada en el quinquenio considerado es del orden de los 0,87 \$/habitante.

Pensamos que el esfuerzo exploratorio italiano realizado en el período 1957-1961 debería ser tomado como un límite inferior para el esfuerzo español a efectuar en el próximo futuro, dentro de una línea conservadora.

Ello tendría como consecuencia gastar, como mínimo, anualmente 32.750.000 (9) · 0,87 · 70 = 2.000 · 10⁶ ptas./año y poder con ello realizar las inversiones propuestas en siete años.

* * *

En resumen, el programa de exploración deducido en el epígrafe anterior de elevar el nivel de investigación a 35 sondeos por cada 1.000 km² de superficie sedimentaria útil asignada o, lo que es lo mismo, ejecutar 440 sondeos suplementarios con 880.000 m., se debería realizar como máximo en los siete años venideros, entre 1969-1975, con unas inversiones mínimas anuales de 2.000 · 10⁶ pesetas (10). Al final de este período exploratorio y

(8) En sus áreas metropolitanas.

(9) Población española. Avance para 1967.

(10) El Ministerio de Industria ya en el año 1959 estimaba necesario un esfuerzo mínimo exploratorio de 1.200.000 m. de sondeo durante un período de seis años.

Teniendo en cuenta que a finales de 1968 se habrán sondeado unos 450.000 m., resulta que el esfuerzo absoluto propugnado en este Informe, aunque con un retraso de diez años, es muy semejante al señalado por el Ministerio en

como resultado de este esfuerzo es previsible se hayan encontrado reservas —gráfico número 3— del orden de las 700 Tm/km², lo que totalizaría unos recursos de unos 140 · 10⁶ Tm. para el conjunto peninsular.

Queda finalmente por examinar si las inversiones previstas, acumuladas a las ya realizadas en la España peninsular desde el comienzo de la investigación de hidrocarburos, podrán obtener una rentabilidad adecuada —desde un ángulo exclusivamente económico— en función de las reservas que es lógico prever encontrar con el plan propuesto.

Esta cuestión se estudia en el apartado siguiente.

3. RENTABILIDAD DE LAS INVERSIONES

El presente apartado tiene por objeto analizar si el conjunto de capitales invertidos en la España peninsular hasta 1968, incrementados con las sumas que se proponen gastar en el período 1969-1975 —14.000 · 10⁶ ptas.— obtendrían una rentabilidad adecuada en el supuesto de encontrar las reservas que se deducen extrapolando el modelo europeo con la España peninsular.

Para ello se considerará que el conjunto de las inversiones ha sido realizado por un único ente, evidentemente ficticio, en el que se integran las economías públicas y privadas y al que se atribuye, asimismo, el beneficio que se obtendría con las explotaciones de las reservas descubiertas, entendiéndose en este caso como beneficio el valor añadido, es decir, el valor total de los productos obtenidos disminuidos con los gastos de producción, incluyéndose, pues, en este concepto de beneficio las cantidades percibidas por el Estado a título de impuestos, dado que el sujeto económico de este análisis no es otro, en último término, que la economía del país considerada en su conjunto.

Para desarrollar este análisis es necesario hacer, de una parte, un conjunto de supuestos que simplifiquen el planteamiento, ya que se desconoce la fecha, clase y ubicación de los descubrimientos y, de otra, una serie de particularidades sobre la producción y el transporte de los hidrocarburos.

Estos supuestos se desarrollan fundamentalmente en el epígrafe siguiente:

a) Supuestos

1) Se supone que las reservas encontradas lo son, en su totalidad, de hidrocarburos líquidos, lo

1959, pero realizado en un plazo superior; el programa propuesto por la Administración suponía unas inversiones del orden de los 3.000 · 10⁶/año.

que tendrá como consecuencia operar en los cálculos que se hacen dentro del lado de la seguridad, ya que estadísticamente las reservas de hidrocarburos gaseosos hallados en Europa se encuentran en campos de una más elevada productividad por pozo que en el caso de los líquidos, del orden de las 6 veces, lo que supone que el costo del conjunto producción-transporte sea más barato para el gas que para el petróleo, ya que en el costo final resultante, el rendimiento unitario de los pozos es factor decisivo y fundamental. (La mayor profundidad media de los campos de gas, alrededor de 3.000 m., se compensa ampliamente por la productividad más elevada de los pozos de gas.)

2) Que las inversiones de investigación proyectadas para el período 1969-1975, 14.000 · 10⁶ ptas., se hacen de una manera uniforme, es decir, 2.000 · 10⁶ ptas. por año.

3) Que las inversiones de producción y transporte se realizan instantáneamente al comienzo de la explotación.

4) Que la explotación de las reservas empieza el 1 de enero de 1976, que se realizan durante 20 años y a un ritmo uniforme.

5) Otros supuestos que se establecen a lo largo de este apartado y que tratan de los siguientes extremos:

- Precio del crudo.
- Inversiones y costes de producción.
- Inversiones y costes del transporte.

b) *Inversiones de investigación*

Las inversiones empleadas en la investigación de la España peninsular, incluidas las previsiones para el año 1968, son las siguientes:

Período	Inversiones
Antes de 1959	1.000 · 10 ⁶ ptas.
1959-1966	4.941 · 10 ⁶ »
1967	635 · 10 ⁶ »
1968 (previsión)	750 · 10 ⁶ »
TOTAL	7.326 · 10⁶ »

FUENTE: Servicio de Hidrocarburos. Dirección General de Minas.

Las inversiones gastadas antes de 1959, unas 1.000 · 10⁶ ptas., se pueden considerar como hechas en su totalidad en el período 1953-1958, ya que antes de él las cantidades invertidas fueron pequeñas (56 · 10⁶ ptas.).

Para el cálculo de actualización que a continuación se hace, se supone que las sumas invertidas en los períodos 1953-1958 y 1953-1966, lo han sido de una manera uniforme a lo largo de ellos.

Si se designa como *r* la rentabilidad a obtener de las inversiones empleadas, éstas, actualizadas a primeros del año 1967, fecha en que se supone el comienzo de la explotación de las reservas, se transforman en las sumas que recoge el cuadro siguiente:

Período	Inversiones	Inversiones actualizadas 1-1-76
Antes de 1959	1.000 · 10 ⁶	$\frac{1.000}{6} (1+r)^{18} \cdot \frac{(1+r)^6 - 1}{r} \cdot 10^6$
1959-1966	4.941 · 10 ⁶	$\frac{4.941}{8} \cdot 10^6 \cdot (1+r)^{10} \cdot \frac{(1+r)^8 - 1}{r}$
1967	635 · 10 ⁶	635 · 10 ⁶ · (1+r) ⁹
1968 (previsión)	750 · 10 ⁶	750 · 10 ⁶ · (1+r) ⁸
TOTAL	7.326 · 10⁶	$(1+r)^8 \left(750 + 635(1+r) + \frac{4.941}{8} (1+r)^2 \right) \cdot 10^6$ $\frac{(1+r)^8 - 1}{r} + \frac{1.000}{6} (1+r)^{10} \frac{(1+r)^6 - 1}{r} \cdot 10^6$

Ejemplo: para *r* = 8 por 100, las 7.326 · 10⁶ pesetas se convierten en 21.300 · 10⁶ ptas. A su vez, las sumas proyectadas para el período 1969-1975, 14.000 · 10⁶ ptas., actualizadas al 1-1-76, se transforman en 2.000 (1+r) $\frac{(1+r)^7 - 1}{r}$

Llamando a I_E las sumas totales invertidas en la exploración, actualizadas a comienzos de 1976, se tendrá que:

$$I_E = 2000(1+r) \frac{(1+r)^7 - 1}{r} + (1+r)^8 (750 + 635(1+r) + \frac{4.941}{8} (1+r)^2 \frac{(1+r)^8 - 1}{r} + \frac{1.000}{6} (1+r)^{10} \frac{(1+r)^6 - 1}{r}) \cdot 10^6$$

c) *Precio del crudo*

Se hace la hipótesis de que la densidad media del crudo descubierto es de 35° A. P. I.

Precio de venta en el Golfo Pérsico: 1,6 \$/bbl.

$$\text{Precio de 1 Tm. Golfo Pérsico: } \frac{1,6 \cdot 70}{0,159 \cdot 0,85} = 828 \text{ ptas./T.}$$

Flete hasta refinería Coruña: 325 ptas./Tm.

Flete hasta refinerías Algeciras o Escombreras: 310 ptas./Tm.

Precio refinería Coruña: 1.153 ptas./Tm.

Precio refinerías Algeciras o Escombreras: 1.138 ptas./Tm.

Precio medio de 1 Tm. de crudo en refinería española: 1.145 ptas./Tm.

d) *La producción*

1. *Inversiones.*

Se puede admitir que las inversiones de producción se componen de los siguientes sumandos:

a) Inversiones de desarrollo (I_d), que comprenden el coste de los pozos de desarrollo, incluyendo los pozos secos.

b) Las inversiones fijas de producción (I'_p), prácticamente independientes de la capacidad de producción.

c) Inversiones proporcionales a la producción. Serían iguales a I''_p · Q, siendo I''_p la inversión por tonelada de producción anual.

En resumen, la inversión total de producción I_p sería:

$$I_p = I_d + I'_p + I''_p \cdot Q$$

a) *Las inversiones de desarrollo:*

$$I_d = (n-1) \frac{r \cdot q_0}{Q} \left\{ \begin{array}{l} S = \text{Costo de un pozo productivo, igual al de un pozo seco.} \\ n = \text{Número de pozos a desarrollar.} \end{array} \right.$$

Siendo

$$I_d = S \left(\frac{10 \cdot Q}{9 \cdot q_0} - 1 \right) \left\{ \begin{array}{l} r = \text{Eficiencia del desarrollo, supuesto igual al 90 \%} \\ q_0 = \text{Producción media anual de un pozo productivo.} \end{array} \right.$$

Como no se tiene gran experiencia en España respecto a los sondeos de desarrollo, para calcular sus costos tomaremos datos franceses y los adaptaremos a las condiciones españolas.

$$\text{Suponemos que la relación } \frac{S_E}{S} = K \text{ (constante); } S_E \text{ es el costo de un sondeo de exploración a igualdad de profundidad.}$$

En Francia, K varía entre 1,41 y 1,46, dependiendo de la profundidad de los sondeos; para nuestros cálculos consideraremos un valor medio de K = 1,43.

Si tomamos como precios para los sondeos de investigación:

Sondeos de 6.000 m.; costo: 15.500 ptas./m.		
» » 5.000 » »	14.000	»
» » 4.000 » »	12.000	»
» » 3.000 » »	10.000	»
» » 2.000 » »	8.000	»

tendríamos para los de desarrollo:

Profundidad		Precio por m.
De 6.000 m.	S = 65 · 10 ⁶ ptas.	10.800 ptas.
» 5.000 »	S = 49 · 10 ⁶ »	9.800 »
» 4.000 »	S = 33 · 10 ⁶ »	8.400 »
» 3.000 »	S = 21 · 10 ⁶ »	7.000 »
» 2.000 »	S = 11 · 10 ⁶ »	5.600 »

b) *Inversiones fijas de producción.*

Tomamos una cifra similar a la francesa:

$$I'_p = 2 \cdot 10^6 \text{ ptas.}$$

c) Inversiones proporcionales a la producción.

Emplearemos también una cifra aproximada a la media francesa:

$$I''_p = 500 \text{ ptas./Tm. (11)}$$

Resumen de las inversiones para la producción:

$$I_p = S \left(\frac{10 \cdot Q}{9 \cdot q_n} - 1 \right) + 2 \cdot 10^6 + 500 \cdot Q$$

2) Costos de producción.

Suponiendo una producción constante durante diez años, los costos de producción por Tm., amortización comprendida, serán:

$$P = C_p + \frac{I_p}{10 \cdot Q}$$

C_p (costes directos de producción por Tm., excluidos gastos financieros)

puede variar entre

70 ptas. < C_p < 210 ptas.	70 ptas.: coste producción para Francia.
	210 ptas.: coste producción para Gabon.

Para España consideraremos un valor de $C_p = 120$ ptas./Tm. (11).

En resumen:

$$P = 120 + \frac{I_p}{10 \cdot Q}$$

siendo

$$I_p = S \left(\frac{10 \cdot Q}{9 \cdot q_n} - 1 \right) + 2 \cdot 10^6 + 500 \cdot Q$$

e) El transporte

En lo que sigue consideramos únicamente el transporte por oleoducto, dado de que, para una producción superior a las 60.000 Tm/año, es el sistema más económico.

(11) En este trabajo se han tomado y adaptado datos contenidos en el trabajo de E. SANZ HURTADO, *Etude sur la rentabilité de la recherche en Espagne, 1962.*

Para calcular las inversiones necesarias obligatoriamente tenemos que hacer una serie de hipótesis que esquematicen el problema, ya que este ejemplo contempla la eventualidad de un descubrimiento en cualquier lugar de las cuencas sedimentarias españolas.

Examinando éstas se observa que las distancias de sus centros de gravedad a los distintos puertos de embarque es del orden, como media, de los 150 km. Tomaremos pues este valor como longitud media del oleoducto necesario para evacuar los crudos encontrados.

El coste del transporte por Tm. desde cualquiera de estos puertos de embarque hasta la refinera más próxima lo ciframos en 60 pesetas.

1. Inversiones.

Las inversiones I_t están ligadas al caudal Q a transportar y a la longitud L del oleoducto, por una relación del tipo:

$$I_t = a \cdot L + b \cdot L \cdot Q$$

en la que a y b son coeficientes constantes para valores de L comprendidos entre:

$$\begin{aligned} 180 &\leq L \leq 1.500 \text{ km.} \\ 80 &< L < 180 \text{ km.} \\ L &\leq 80 \text{ km.} \end{aligned}$$

Para valores de L , comprendidos en el 2.º y 3.º caso, los coeficientes de a y b vienen reducidos en un 40 y 60 por 100, respectivamente (12).

Esta función, para Europa occidental, toma la siguiente forma:

$$I_t = 2,1 \cdot 10^6 + 0,308 \cdot Q \cdot L \text{ (13)}$$

Esta fórmula da valores ligeramente superiores al coste del oleoducto Puertollano-Málaga, que para una longitud de 257 km., y una capacidad de $2,25 \cdot 10^6$ Tm/año costó $670 \cdot 10^6$ ptas., cosa por otra parte lógica, dado el tiempo transcurrido desde la ejecución del oleoducto y la devaluación que ha experimentado la peseta en dicho período.

Multiplicando los coeficientes hallados por 0,6,

(12) Según el estudio de G. HENRI, *Etude économique des pipelines sahariens.*

(13) Regresión obtenida de los datos sacados del A. F. T. F. (Asociación Francesa de técnicos del Petróleo).

caso de $L = 150$ km., tendríamos como expresión de las inversiones para el transporte:

$$I_t = 1,26 \cdot 10^6 \cdot L + 0,185 \cdot L \cdot Q \quad \text{Para } L = 150 \text{ km.}$$

$$I_t = 189 \cdot 10^6 + 27,6 \cdot Q$$

2. Costo del transporte.

a) Costos directos del transporte o gastos de funcionamiento.

Los costos directos del transporte van ligados a la longitud L y al caudal Q por una relación del tipo:

$$\frac{C_t}{L} = \frac{a}{L} + \frac{b}{Q \cdot L}$$

en donde C_t = son los costes de funcionamiento por Tm. Los parámetros a y b son constantes para valores de L comprendidos entre 180 y 1.500 km.

Para valores de L entre 80 y 180 km., nuestro caso, vienen multiplicados por un coeficiente 0,6 (14)

Determinaremos a y b con la información que nos suministra el oleoducto Puertollano-Málaga, en donde para:

$$Q = 2,25 \cdot 10^6 \text{ Tm.} \quad \frac{C_t}{\text{Km}} = 0,149$$

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Tm.} \quad \frac{C_t}{\text{Km}} = 0,245$$

Ajustando la curva tipo a estos valores, nos queda que:

$$\frac{C_t}{\text{Km}} = \frac{0,23}{Q} \cdot 10^6 + 0,092$$

Para nuestra hipótesis, 150 km. de longitud, los afectaremos de un coeficiente de reducción del 0,6.

Nos queda, pues, que:

$$\frac{C_t}{\text{Km}} = \frac{0,14}{Q} \cdot 10^6 + 0,055$$

(14) Según el informe de «La Organización de Cooperación y del Desarrollo Económico» (octubre 1961).

Incluyendo el flete del puerto de embarque-refinería de 60 ptas./Tm., tendremos que:

$$C_t = \frac{21}{Q} \cdot 10^6 + 68 \text{ ptas.}$$

b) Costes totales de transporte:

$$T = C_t + \frac{I_t}{10 \cdot Q} = \frac{21}{Q} \cdot 10^6 + 68 + \frac{189 \cdot 10^6 + 27,6 \cdot Q}{10 \cdot Q}$$

Amortización: Diez años.

$$T = \frac{40}{Q} \cdot 10^6 + 70,76$$

f) La rentabilidad

Para determinar la rentabilidad de las inversiones se emplea el método conocido por el nombre de «Discounted Cash flow», que establece, aplicado a este caso, que las sumas totales empleadas en la investigación y explotación de hidrocarburos obtendrá una determinada rentabilidad r cuando los beneficios que su explotación producen —entendiéndose como beneficios tal como queda definido en el primer epígrafe de este apartado— permiten recuperar las sumas invertidas en su búsqueda y explotación, incluidos sus intereses, es decir, que los beneficios actualizados deben ser al menos iguales a las cantidades invertidas, también actualizadas.

Suponiendo una producción anual Q constante para un período de explotación de veinte años, el valor actualizado de los beneficios al comienzo de la explotación es:

$$\sum_{n=1}^{n=20} b \cdot Q \cdot \frac{1}{(1+r)^n} = b \cdot Q \cdot \frac{(1+r)^{20} - 1}{r(1+r)^{20}}$$

en donde

b = Beneficio por Tm. excluidos impuestos y amortizaciones = 1.435 ptas. — $C_p - C_t$ (ver epígrafes c, d y e).

Q = Producción anual en Tm.

I = Inversiones totales de investigación, producción y transporte actualizadas a primeros de 1976.

I_D = Inversiones de producción.

I_E = Inversiones de investigación actualizadas a 1-1-1976.

I_T = Inversiones de transporte.

Aplicando el método de «Discounted cash flow» se podrá establecer que:

$$I = I_E + I_T + I_D = b \cdot Q \frac{(1+r)^{20} - 1}{r(1+r)^{20}}$$

llamando K a

$$\frac{(1+r)^{20} - 1}{r(1+r)^{20}}$$

(coeficiente de actualización) se obtendrá finalmente como ecuación de la rentabilidad:

$$I = b \cdot Q \cdot K \quad (1)$$

Desarrollando (1), en donde se introducen los valores correspondientes de I_E , I_T , I_D , C_i y C_p (epígrafes b, d y e), se llega a la siguiente relación:

$$(1+r)^8 \left(750 + 635(1+r) + \frac{4.941}{8} (1+r)^2 \frac{(1+r)^8 - 1}{r} + \frac{1.000}{6} (1+r)^{10} \frac{(1+r)^6 - 1}{r} \right) \cdot 10^6 + S \left(\frac{16}{9} \frac{Q}{q_0} - 1 \right) + 2 \cdot 10^6 + 500 \cdot Q + 189 \cdot 10^6 + 27,6 \cdot Q = \left(1.145 - 120 \frac{21}{Q} \cdot 10^6 - 68 \right) Q \cdot K$$

Ecuación que nos relaciona el precio (profundidad) y productividad media de los pozos —S y q_0 —, la producción media anual Q con la rentabilidad r.

El modelo europeo suministra una profundidad media de los campos encontrados del orden de los 1.500 m., una productividad unitaria de los pozos de $q = 10$ Tm./día, y unas reservas de $140 \cdot 10^6$ Tm. para un nivel de investigación de 35 sondeos por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria.

Por consiguiente, en la ecuación de la rentabilidad introduciremos los valores siguientes:

S = $11 \cdot 10^6$ ptas. (que corresponde a sondeos de desarrollo de 2.000 m., profundidad media tomada por exceso).

$q_0 = 3.650$ Tm./año, equivalente a $q = 10$ Tm/día.

Q = $7 \cdot 10^6$ /año, cuya producción en veinte años totaliza las reservas que se prevén encontrar.

La ecuación de la rentabilidad queda:

$$(1+r)^8 \left(750 + 635(1+r) + \frac{4.941}{8} (1+r)^2 \frac{(1+r)^8 - 1}{r} + \frac{1.000}{6} (1+r)^{10} \frac{(1+r)^6 - 1}{r} \right) \cdot 10^6 + 27.633 \cdot 10^6 = 6.678 \cdot 10^6 \frac{(1+r)^{20} - 1}{r(1+r)^{20}}$$

Resolviendo esta ecuación se obtiene un valor para

$$r = 10 \%$$

* * *

Lo expuesto en este apartado se puede resumir de la manera siguiente: Las reservas que es previsible encontrar — $140 \cdot 10^6$ Tm.— realizando un esfuerzo de investigación de 35 sondeos por cada 10.000 km² de superficie sedimentaria, permiten recuperar en veinte años las sumas invertidas hasta finales de 1968 — $7.326 \cdot 10^6$ ptas.— y los $14.000 \cdot 10^6$, que se proponen gastar en el período 1969-1975, retribuyendo a los capitales no amortizados con un 10 por 100 de interés (15).

Del análisis desarrollado en este apartado se deduce el interés que existe desde esta óptica de la rentabilidad de realizar la investigación en el plazo más breve posible, compatible con las posibilidades económicas del país.

No cabe duda que el esfuerzo propuesto vería su rentabilidad incrementada si en vez de efectuarlo en un período de siete años lo fuese en otro de cinco, pues el peso de los intereses intercalarios de las sumas gastadas desde el origen disminuiría.

Recibido el 7-IX-68.

(15) NOTA: El interés que se retiene en la industria del petróleo es generalmente del 8 %.

Investigación hidrogeológica por el método gravimétrico en la zona de Inca (Mallorca)

por J. CANTOS FIGUEROLA

RESUMEN

Se trata de una prospección gravimétrica realizada hace bastantes años y que se reestudia ahora con idea de determinar la estructuración de las capas geológicas hasta el Secundario inclusive, lo que ha de facilitar la ubicación de sondeos de investigación de aguas subterráneas.

El resultado es optimista, ya que se determina una gran vaguada geológica, que alimentada lateralmente por la cadena de montañas del NO de la isla, debe conducir sus aguas hasta el mar; una parte tiene salida a la bahía de Palma y otra vierte a la de Alcudía.

Se ha obtenido un mapa de Bouguer y un mapa Residual, determinándose con ellos un amplio sinclinal cuyo eje coincide en las distintas capas desde las poco profundas hasta el fondo del Secundario.

Se propone una prospección por sondeos eléctricos de resistividades como complemento indispensable del trabajo.

RÉSUMÉ

Il s'agit d'une prospection gravimétrique qui a été faite y a quelques ans et qui a été étudié de nouveau avec l'idée de déterminer la structuration des couches géologiques jusqu'au Secondaire compris, ce qui facilitera l'emplacement des sondages d'investigation d'eau souterraine.

Le resultat a été optimiste puisqu'on a déterminé un bassin géologique alimenté latéralement par la chaîne montagneuse du NO de l'île qui conduit ses eaux jusqu'à la mer; une partie a sa sortie à la baie de Palma et l'autre à la baie de Alcudía.

On a obtenue une Carte de Bouguer et une carte Residual. Avec celles-ci on découvre un large sinclinal dont les axes à divers niveaux se superposent depuis les couches supérieur jusqu'au fond du Secondaire.

On propose une prospection par sondages électriques de resistivité comme complément du travail.

I. INTRODUCCIÓN

Por encargo de la Empresa Nacional Adaro, la Sección de Geofísica del Instituto Geológico y Minero de España realizó una prospección gravimétrica en la isla de Mallorca, cubriéndose con ella un área, comprendida casi en su totalidad dentro de la zona reservada por el Estado para la investigación de lignitos.

Con el trabajo se pretendía obtener información estructural sobre la geología profunda de la zona estudiada, con la finalidad principal de dar una idea sobre las profundidades relativas de los horizontes secundarios, ya que los ban-

cos de lignito, cuando existen, se encuentran en la formación lacustre del Oligoceno inferior, descansando directamente sobre dicho Secundario, y en su tiempo se dio el oportuno informe a Adaro. Pero también este trabajo ha servido para conocer la hidrología subterránea en la zona estudiada, puesto que con los mapas gravimétricos obtenidos se pueden determinar los sinclinales y los anticlinales, y es lógico que los primeros sean más interesantes, en general, para el alumbramiento de aguas subterráneas. Por eso hemos convertido la interpretación de estos mapas en la base de una investigación hidrológica.

En el plano de anomalías de Bouguer obtiene-

do, se verá que aproximadamente, la mitad norte del mismo se encuentra cubierto por una red de puntos con la densidad necesaria para el fin propuesto; en el resto del plano, han quedado zonas peor determinadas, como, por ejemplo, la comprendida entre Sancellas y Sineu. Ello es debido a que sólo se nos pidió que investigásemos la primera mitad citada, pero consideramos de gran interés establecer los itinerarios que figuran fuera de la misma para poder relacionar la geología de la primera con la de los terrenos contiguos.

Resaltamos la importante labor de los Ingenieros de Minas, señores Oliveros y Escandell y del Dr. en Ciencias, G. Colom, que han hecho la geología de la zona, y que traducimos en el mapa adjunto. El estudio gravimétrico lo realizaron los Ingenieros de Minas señores Borrego, López Linares, López Herrero y Olmo, y el Ayudante don José María Rubio Alcaraz, bajo la dirección del entonces Ingeniero Jefe de esta Sección de Geofísica, firmante de este trabajo.

II. RESEÑA GEOGRÁFICA

La isla de Mallorca está afectada por los plegamientos alpinos, y puede dividirse topográficamente de NO-SE. en tres regiones paralelas y distintas:

- 1) Una cadena de montañas a lo largo de la costa NO., relativamente altas y con valles estrechos y profundos.
- 2) En el SE., otra cadena de montes de configuración más suave.
- 3) Entre los dos sistemas una zona deprimida cubierta por formaciones terciarias y cuaternarias, en la que se elevan los dos pequeños macizos de Randa y Retra-San Juan. En esta zona se ha elegido el área objeto de este estudio.

La zona investigada se encuentra en la región central de la isla de Mallorca y forma, en su mayor parte, una gran llanura con una altitud media sobre el nivel del mar de unos 100 metros. Ocupa una extensión aproximada de unos 170 kilómetros cuadrados, y está comprendida dentro del perímetro que forman las carreteras que unen los siguientes puntos: Inca-Lloseta-Benisalem-Consell-Santa María-Km. 10,6 de la carretera de Palma a Inca-Santa Eugenia-Sineu-Llubí-kilómetro 10,25 de la carretera de Inca a Muro-Inca. Dentro de este perímetro se encuentra el punto de coordenadas geográficas: 39° 40' de latitud Norte y 2° 55' de longitud Este de Madrid, y que se halla muy próximo del centro geográfico de toda la superficie estudiada.

En las proximidades de Lloseta comienzan las

estribaciones de la cadena montañosa, que en dirección SO-NE. atraviesa el Noroeste de la isla en una longitud aproximada de unos 80 kilómetros; en la región central de esta cadena se encuentran las mayores altitudes de la isla, como la del pico Teix (1.100 m.), el Puig Mayor (1.330 m.), el Puig de Masanella (1.100 m.) y otros. En Inca y Llubí, se levanta el pico de Santa Magdalena (304 m.), que queda muy próximo a nuestro trabajo, así como otras pequeñas elevaciones que existen en las proximidades de Sineu, y cuyas cotas no suelen pasar de los 200 metros.

Como ocurre en el resto de la isla, no existe ningún río, sino sólo algunos torrentes que están secos la mayor parte del año, y que recogen las aguas en épocas de lluvias.

Esta comarca es de las más fértiles de la isla, lo que hace que haya pueblos a corta distancia unos de otros y numerosas alquerías; por este motivo existe un gran número de caminos, que han hecho menos dificultoso nuestro trabajo de campo.

III. BOSQUEJO GEOLÓGICO

El bosquejo geológico de la zona, realizado con la finalidad expresa de facilitar una buena interpretación de los resultados geofísicos, se hizo con la colaboración de los señores Oliveros, Escandell y Colom. Posteriormente, estos dos últimos terminaron el estudio de las Hojas de Inca, Palma, Sóller y Porreras, y a sus resultados nos hemos adaptado para actualizar y completar el mapa geológico, que va unido a este trabajo. A continuación damos una brevísimas explicación del mismo.

El suelo de la región investigada está principalmente constituida por terrenos cuaternarios y terciarios, y forma parte de la zona deprimida que atraviesa la isla desde la bahía de Palma a la de Alcudia; esta depresión es sensiblemente paralela a la cadena montañosa que bordea la costa NO. de la isla, y donde se encuentran las siguientes formaciones:

- Areniscas rojas del Buntersandstein.
- Calizas grises compactas del Muschelkalk.
- Margas tableadas del Keuper.
- Calizas margosas con Terebrátulas, Belemnites, etcétera, correspondientes al Lías.
- Potentes bancos de calizas oscuras del Jurásico.
- Calizas margosas muy fosilíferas del Cretáceo inferior.

A continuación se depositó la serie terciaria, que se manifiesta primero con pudingas y calizas detríticas con nummulites del Eoceno y después con

bancos margosos, correspondientes al Oligoceno inferior. En este tramo, que es de origen lacustre, es donde se encuentran las capas de lignito.

Siguen por su orden las pudingas y calizas detríticas del Oligoceno medio.

Calizas margosas del Oligoceno superior.

Pudingas y margas grises del Burdigaliense.

Conglomerados del Helveciense continental detrítico.

Pequeños bancos arenosos margosos del Helveciense inferior.

Molasas blancas del Helveciense superior-Tortonense.

Por último, existen unos depósitos continentales detríticos, que alcanzan hasta el Cuaternario.

El Cuaternario está formado por aluviones y tierras de cultivo, en general de tipo arcilloso-calizo.

La dirección general de la estratificación es aproximadamente la de NE-SO.

La isla de Mallorca ha estado sometida a las distintas fases del movimiento alpino, y pudiera formar parte de lo que fue el gran geosinclinal bético.

Las fases pirenaica y sálica no influyeron mucho en la orografía de la isla, produciéndose durante ellas algunos plegamientos locales; por el contrario, durante la fase estática, ya en época postburdigaliense, se produjeron los grandes plegamientos de la isla, que originaron las dos mayores cordilleras: la Sierra del Norte y la Sierra de Levante.

IIIa.—HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

La zona de nuestro estudio corresponde geográficamente a la cuenca de Alcudia.

Sin embargo, geológicamente y basados hasta la fecha en las observaciones gravimétricas, creemos que sus aguas subterráneas vierten hacia el SO., o sea, hacia la bahía de Palma. La divisoria geológica de estas aguas la forma aproximadamente la línea Lloseta, Inca y un punto entre Costritz y Sineu. Desde el pueblo de Llubí, ya vierten todas hacia Alcudia.

El índice medio de pluviosidad de la zona no es bajo, pues pasa algo de los 600 l/m². Esto unido a que en las sierras del NO., pasan las precipitaciones de los 1.000 l/m², y que en parte sus aguas vierten superficial y subterráneamente hacia nuestra cuenca, nos permite ser optimistas en cuanto a la posibilidad de encontrar acuíferos explotables.

Con ello no decimos nada respecto a la profundidad, que pudiera ser grande, y cuya incógni-

ta se deberá aclarar con otros métodos geofísicos como el eléctrico, cuya aplicación recomendamos en este caso.

En cuanto a horizontes acuíferos de interés, podemos citar:

Las molasas helvecienses que son muy permeables, y en las que se encontrará agua buena en general.

Debajo de las molasas están las margas burdigalienses en sus tramos superiores, por lo tanto margosos y arcillosos, poco permeables, que cuando tienen agua en algún horizonte suele ser salobre.

Sin embargo, está en lo posible encontrar agua utilizable en la parte inferior de ese mismo Burdigaliense, que contiene horizontes de calizas detríticas y de areniscas.

Tampoco se debe descartar la posibilidad de encontrar agua buena en el Eoceno y Oligoceno, con sus variados horizontes de calizas detríticas, calizas arenosas y de pudingas.

Siguiendo en profundidad llegamos a las calizas fisuradas del Jurásico y del Lías inferior, y a las dolomías milonitizadas y carniolas del Triás, que pueden constituir acuíferos de mucho interés por su buena permeabilidad; aunque en nuestro territorio se encontrarán corrientemente a profundidades poco asequibles.

IV. JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO GRAVIMÉTRICO

Entre los métodos geofísicos más importantes en prospección figura el gravimétrico, que se basa en el estudio de las pequeñas anomalías producidas en el campo gravítico terrestre, debidas a la desigual repartición de las masas sobre la corteza de la tierra. En aquellas zonas donde exista un exceso de masa debido a su mayor densidad, corresponderá una anomalía positiva, que será tanto mayor cuanto mayor sea dicho exceso.

Existe una correlación entre los valores de las anomalías de la gravedad en diferentes puntos y las estructuras geológicas del subsuelo; esto es debido a que las distintas formaciones geológicas están formadas por rocas que, por lo general, tienen densidades diferentes; es por tanto fundamental para poder aplicar el método gravimétrico, que exista esa diferencia de densidades; cuanto más contraste haya entre los valores de las densidades, mejores resultados se podrán esperar de la prospección gravimétrica.

Otro factor muy importante en todo trabajo gravimétrico es la topografía de la zona a estudiar; si en la proximidad de un punto donde se ha hecho estación con el gravímetro existen relieves apreciables, la influencia de estas masas

puede llegar a producir una anomalía mayor que la producida a causa de la mayor o menor proximidad en profundidad de formaciones geológicas de distinta densidad; de este modo, la anomalía citada puede llegar a enmascarar por completo a la segunda, que es la interesante, con lo que se llegaría a resultados erróneos. Es cierto que la influencia topográfica puede corregirse, pero los procedimientos que se utilizan para ello son muy laboriosos y no son lo suficientemente exactos cuando el relieve es abrupto; lo más conveniente será que el área a investigar sea llana y los resultados que se obtengan serán tanto mejores cuanto más llana sea la superficie investigada.

En nuestro caso se puede considerar que todo el paquete de estratos secundarios y terciarios hasta el Burdigaliense inclusive, que se plegaron durante la última fase estática, tienen una densidad media que sobrepasa en más de 0,4 a la densidad media de las capas más modernas; por lo tanto, existen contrastes de densidad que resultan suficientes para una buena interpretación. Como el área investigada ocupa casi en su totalidad una gran llanura, no hay grandes influencias topográficas y se dan, por lo tanto, las mejores condiciones para este tipo de prospección. Con esto queda plenamente justificada la utilización de la gravimetría en la zona que nos ocupa.

V. TRABAJO DE CAMPO Y APARATOS EMPLEADOS

Esta Sección de Geofísica tiene establecida la norma de operar con gravedades absolutas en todos los trabajos efectuados en territorio nacional; por ello tiene fijadas una red de bases gravimétricas medidas con gran precisión dentro de la Península, pero no disponía hasta ahora de ninguna base en la isla de Mallorca. No hace mucho tiempo que el Instituto Geográfico y Catastral estableció una base gravimétrica en Palma de Mallorca, situada en el Instituto de Segunda Enseñanza de dicha capital. La gravedad de esta base está calculada a partir de observaciones pendulares, y se sabe que la diferencia de gravedad entre dos puntos se calcula más exactamente con un buen gravímetro moderno de 0,01 mgls, de apreciación que con el péndulo. Esta es la causa por la que se ha utilizado el gravímetro para calcular las gravedades absolutas en todas las bases que la Sección tiene en la Península, partiendo, como es obligado, de una misma base de péndulo. Siguiendo el mismo criterio, es lógico el establecer nuevas bases gravimétricas en la isla de Mallorca, relacionadas por medio del gravímetro con la red de bases peninsulares.

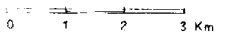
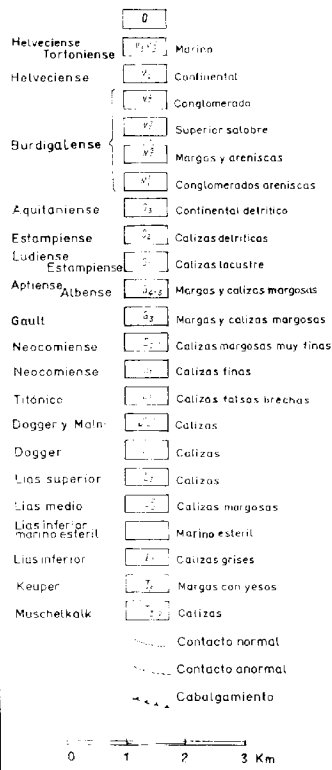
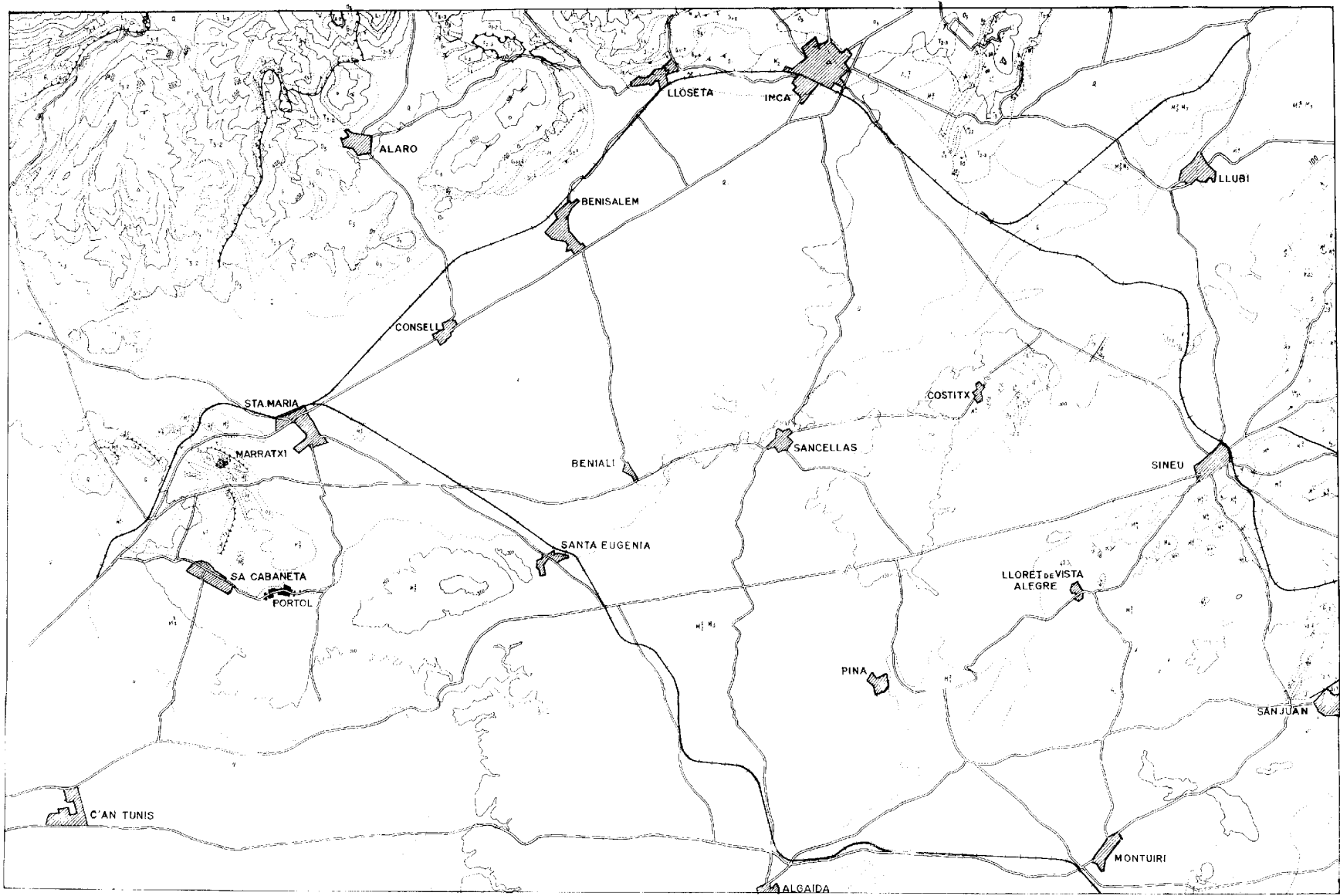
Para relacionar gravimétricamente la Península con la isla de Mallorca, se partió de la base que nuestra Sección de Geofísica posee en Valencia, en la puerta de la iglesia de Nuestra Señora del Monte Oliveti, situada en las afueras de la capital, camino de El Saler. En primer lugar se relacionó esta base con el aeropuerto de Manises, observando repetidamente uno y otro punto; a continuación se relacionó el aeropuerto de Manises con el de Palma de Mallorca, habiéndose efectuado cuatro observaciones en Manises y otras cuatro en Palma, sin que transcurrieran más de noventa minutos entre dos observaciones consecutivas entre Manises y Palma. Para disponer de una base más asequible para todo el trabajo, se relacionó el aeropuerto de Palma con un punto situado en Inca, y que es el que nos ha servido de base; este punto coincide con el botón de nivelación de alta precisión, que existe sobre un escalón en la base de la torre de la iglesia rectoral de Inca; a este punto le corresponde una altitud sobre el nivel del mar de 120,955 metros y una gravedad de 980.174,59 miligales, partiendo como se ha dicho, de la gravedad de la base de la iglesia de Nuestra Señora del Monte Oliveti, en Valencia, que tiene un valor de 980.133,40 miligales.

Para la investigación propiamente dicha se situó primeramente sobre el terreno una red de puntos, aprovechando para ello los numerosos caminos existentes, y siendo la distancia de un punto al siguiente de 250 metros. Una vez situados los puntos, se efectuó la nivelación de los mismos, siendo el error de la cota calculada para cada punto menor de 20 centímetros. Por último, se observó cada punto con el gravímetro y se ha procurado que no transcurriese más de hora y media sin volver a observar algún punto sobre el que ya se había hecho estación anteriormente, con el fin de obtener un buen control de la deriva.

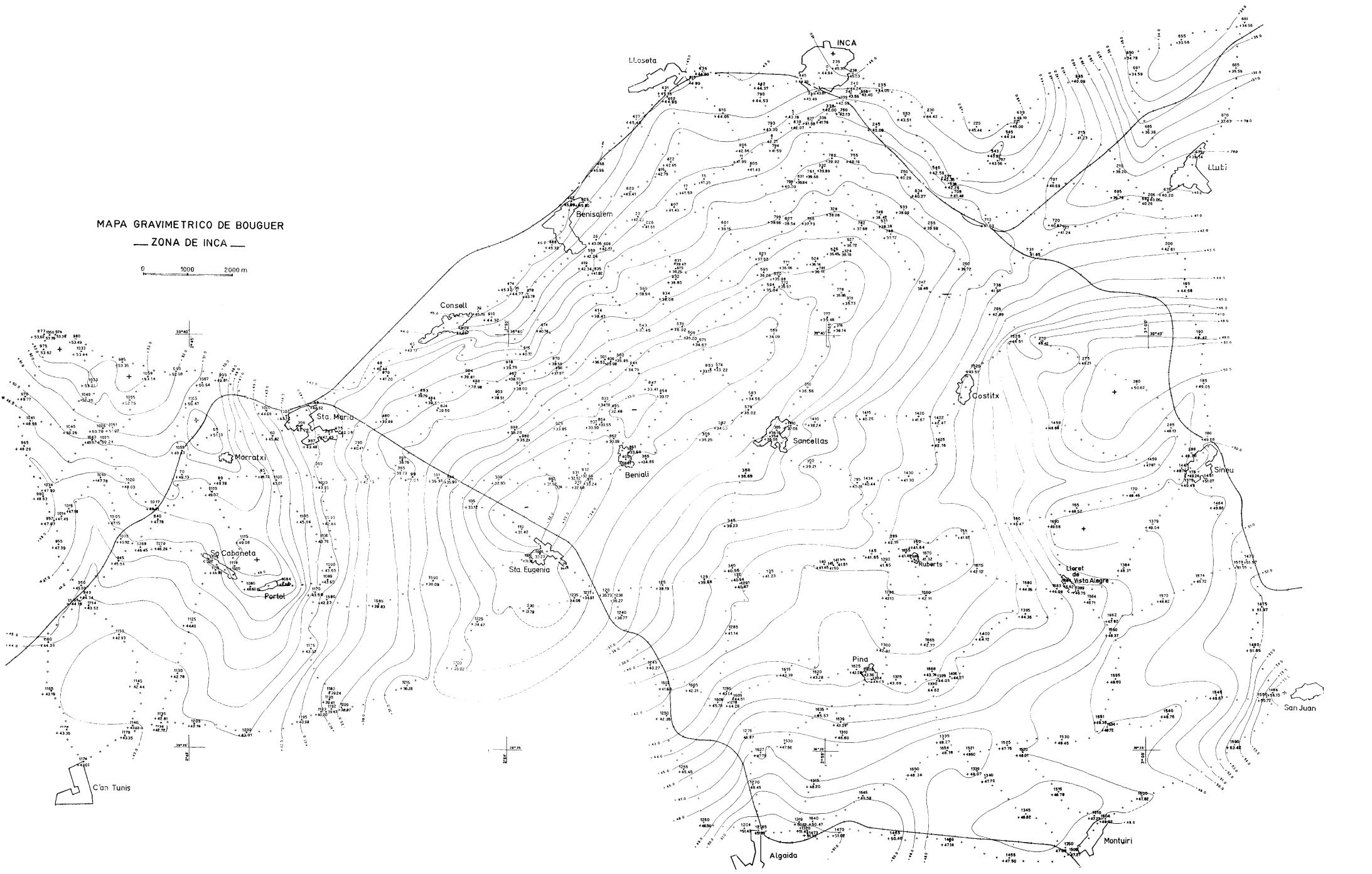
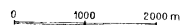
El número total de puntos distintos observados es de 1.690, a los que hay que sumar las convenientes repeticiones. Para la nivelación se ha utilizado un nivel Zeiss, con un anteojo de 40 aumentos, y las observaciones gravimétricas se han efectuado con un gravímetro Worden normal de constante $K = 0,10207$, y que ha sido recientemente verificado en Estados Unidos por la casa constructora. Su sensibilidad es de 0,01 miligales.

VI. TRABAJOS DE GABINETE

A partir de las observaciones gravimétricas de campo, se han calculado las gravedades en todos



MAPA GRAVIMETRICO DE BOUGUER
— ZONA DE INCA —



los puntos que componen el trabajo; para ello se ha aplicado la fórmula:

$$G_2 - G_1 = K (L_2 - L_1)$$

En la que: G_1 = gravedad conocida en un punto A; L_1 = lectura del aparato en el mismo punto A; G_2 = gravedad a determinar en un punto B; L_2 = lectura del aparato en el mismo punto B; K = constante del gravímetro.

A los valores de la gravedad en cada punto se le ha aplicado la «corrección combinada», en la que van incluidas la corrección por reducción a nivel del mar o por altitud y la corrección de Bouguer o por densidad del terreno; para ello se ha aplicado la fórmula:

$$G'_0 = G + H (0,3086 - 0,0421 d)$$

en la que: G = gravedad calculada por cada punto; H = altitud en metros correspondiente al punto de gravedad G ; d = densidad media del terreno investigado.

Se ha tomado para d un valor próximo a 2,3; si se hubiera limitado la investigación a la mancha cuaternaria, es evidente que se habría aplicado un valor más bajo para la densidad; por otra parte, como la mencionada mancha cuaternaria es prácticamente horizontal, las curvas isonómas o los perfiles gravimétricos que se obtendrían al aplicar la densidad de 2,3 o la 2,0, serían prácticamente iguales.

No se ha hecho la corrección topográfica porque, como se ha dicho repetidas veces, casi la totalidad de las estaciones están situadas sobre una gran llanura; el escaso relieve que existe en la proximidad de algunos puntos ejerce una influencia sobre ellos, que no llega a alterar los resultados que se persiguen.

Los valores de la gravedad normal de cada punto, es decir, la gravedad del punto que se corresponde en el geoide, teniendo en cuenta la latitud con el observado en el campo, se han calculado por medio de tablas construidas a partir de la fórmula:

$$G_0 = 978.049 (1 + 0,0052884 \text{ sen}^2 \varphi - 0,0000059 \text{ sen}^2 2 \varphi)$$

Siendo G_0 la gravedad normal y φ la latitud de cada punto.

Las anomalías obtenidas son las diferencias entre los valores de G'_0 y de G_0 , es decir:

$$A = G'_0 - G_0$$

VII. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

El criterio general para la interpretación de cualquier mapa gravimétrico de anomalías de Bouguer, es, sencillamente, el de considerar que a mayor anomalía corresponde mayor proximidad a la superficie de rocas más densas.

En la interpretación de los resultados de cualquier método geofísico es fundamental el conocimiento de la geología del área investigada; a mayor conocimiento geológico del área le corresponderá mejor interpretación de los resultados geofísicos.

En el caso que nos ocupa y según lo dicho en el bosquejo geológico, vamos a partir de la hipótesis de que todo el paquete de estratos antiguos hasta el Burdigaliense inclusive, se plegaron durante el movimiento alpino, y que las capas más modernas no han estado sometidas a movimientos importantes. Como el conjunto de capas plegadas tiene una densidad media superior a las más modernas que no han sufrido alteración importante, es evidente que un aumento en la anomalía gravimétrica nos indicará una mayor proximidad a la superficie del paquete plegado y, por lo tanto, de los horizontes secundarios.

Basándonos en lo anterior y en la información suministrada por los sondeos mecánicos efectuados por la Empresa Nacional Adaro, se han rayado E.-O., las anomalías positivas del plano de Bouguer, que son las zonas en las que estimamos que el Secundario se encontrará a menor profundidad. Las anomalías negativas se marcan con rayado N.-S.

1) Mapa de Bouguer.

En esta prospección gravimétrica se han realizado 1.690 estaciones útiles. Una vez efectuado los cálculos, se ha dibujado el mapa de Bouguer de conjunto, que incluimos en esta Memoria.

Para interpretar este mapa debemos de observarlo en primer lugar conjuntamente con el mapa geológico de la isla. Si nos imaginamos un corte transversal SE-NO de la parte central del mapa geológico prolongando hasta el mar y hacemos abstracción de los sedimentos más modernos, se tiene la impresión de la existencia de un sinclinal en la parte central; ya que en la parte NO., cerca de Bañalbufar, aparece el Triás, mientras que en el S. de la sierra de Mallorca, únicamente afloran los terrenos más recientes.

En la parte Sur (Sierra de Levante), el gran desarrollo del Jurásico y del Triás y la forma de

los pliegues, podía indicar el otro flanco del sinclinal. La disposición en transgresión del Mioceno en el NO. de la isla, indica también esta forma de conjunto.

Si estudiamos paralelamente el mapa de Bouguer de la zona estudiada, podemos darnos cuenta en primer lugar de la existencia de un sinclinal central perfectamente definido, delimitado por una serie de contornos de dirección NE-SO de gradiente gravimétrico muy elevado en la dirección NO-SE, lo que nos hace suponer la existencia de pliegues en dicha dirección y probablemente produciendo fallas invertidas de ángulo agudo («thrust faults»). Hemos hecho un corte en dirección perpendicular a los contornos que está indicado en el mapa de Bouguer. Mediante este corte se ha puesto en evidencia la probable existencia de varias fallas de dirección NE-SO y buzamiento SE (*).

Bajo la acción de un empuje dirigido del SE. hacia el NO., se puede explicar esta disposición estructural. Al incrementarse sucesivamente los esfuerzos de empuje, el flanco S. de esta ondulación se ha deformado, produciendo una sucesión de pliegues dirigidos hacia el Norte. Dando origen algunas veces a las fallas descritas anteriormente.

En este mapa están registrados la suma de todos los efectos, los regionales y en general los debidos a causas que no vamos buscando, más aquéllos que intentamos descubrir. El análisis que se hace a continuación nos va a servir para separar ambos efectos.

2) Mapa regional.

Los mapas de campos potenciales muestran el efecto integral de todas las fuentes gravimétricas, que dan lugar a la anomalía observada. En Geofísica Aplicada, el problema es eliminar o reducir a un mínimo los efectos que proceden de profundidades que no interesan, procurando distorsionar la anomalía resultante lo menos posible. El efecto mayor que se elimina es el Regional, y las desviaciones menores que se conservan constituyen la anomalía Residual.

Si $\bar{g}(r)$ es el valor medio de la anomalía de Bouguer $g(r, \varphi)$, sobre un círculo (o polígono) de radio r alrededor del punto en cuestión:

$$\bar{g}(r) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(r, \varphi) d\varphi$$

(*) NOTA: No las hemos dibujado por considerar que con el trabajo realizado hasta la fecha no tenemos datos suficientes.

Si Z es la anomalía regional, R la residual y G la anomalía de Bouguer, tenemos:

$$R = G - \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(r, \varphi) d\varphi$$

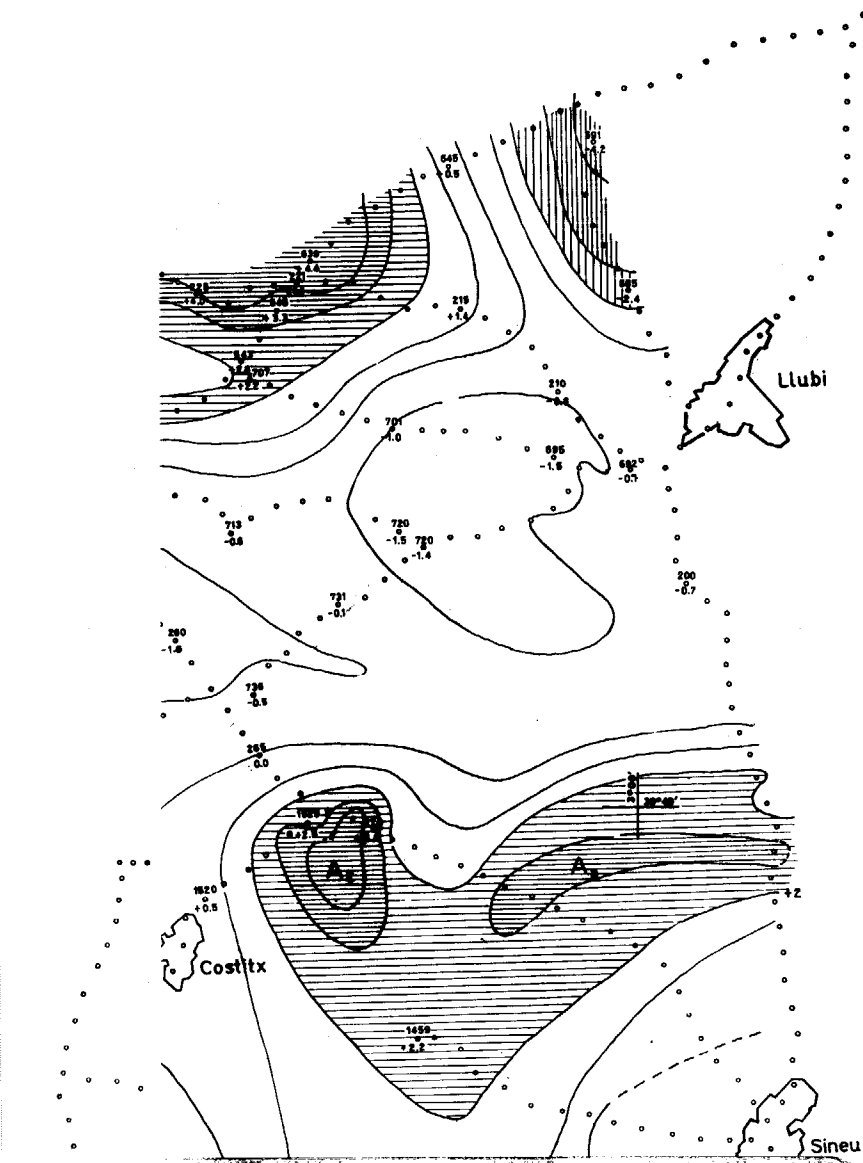
El cálculo de esta expresión se ha realizado de forma discreta, mediante un sistema de retícula. Los valores residuales y la naturaleza del mapa residual dependen directamente del radio del círculo, y de un número limitado de puntos sobre el círculo.

La selectividad de una retícula puede compararse a la de un filtro que dejase pasar componentes de ciertas frecuencias y excluyera otras. La retícula ideal sería aquella que dejase pasar aquellas componentes del campo potencial que indicara estructuras y atenuase o eliminase las demás —tanto de magnitud pequeña como grande—. Cuando el tipo de retícula se elige bien se consigue un filtro de muy buenas características, pero el «cut off» no es nunca agudo. En los casos en que las magnitudes relativas de las componentes regional y residual son muy diferentes, el cálculo de la retícula («filtro») discriminará definida y automáticamente entre los valores deseados y no deseados. Esto ocurre en el presente trabajo. Cuando la magnitud, particularmente las dimensiones horizontales de los efectos regional y residual son parecidos, la discriminación es menos definida en el lado de baja frecuencia y el aspecto regional aparece más predominantemente sobre los mapas residuales calculados. Por otro lado, si tratamos de descubrir pequeñas anomalías en presencia de efectos perturbadores débiles o de pequeña profundidad, el cálculo puede reducir grandemente los aspectos deseados y la discriminación falla por el lado de las frecuencias altas.

En este caso particular de prospección de lignitos situados en la base del Terciario, y de estudio de estructuras apropiadas para contener posibles acuíferos, estamos interesados en eliminar todas aquellas influencias que no sean producidas por dicho período geológico. Por lo tanto, en primer lugar, debemos determinar el campo regional producido por todos aquellos efectos situados por debajo del Secundario. Esto lo conseguiremos de la siguiente forma:

1) Determinando la profundidad aproximada de las formaciones secundarias, utilizando primero los datos de los sondeos efectuados y después haciendo el análisis de una anomalía positiva.

a) Considerando los datos de todos los sondeos disponibles, vemos que se puede esperar una pro-



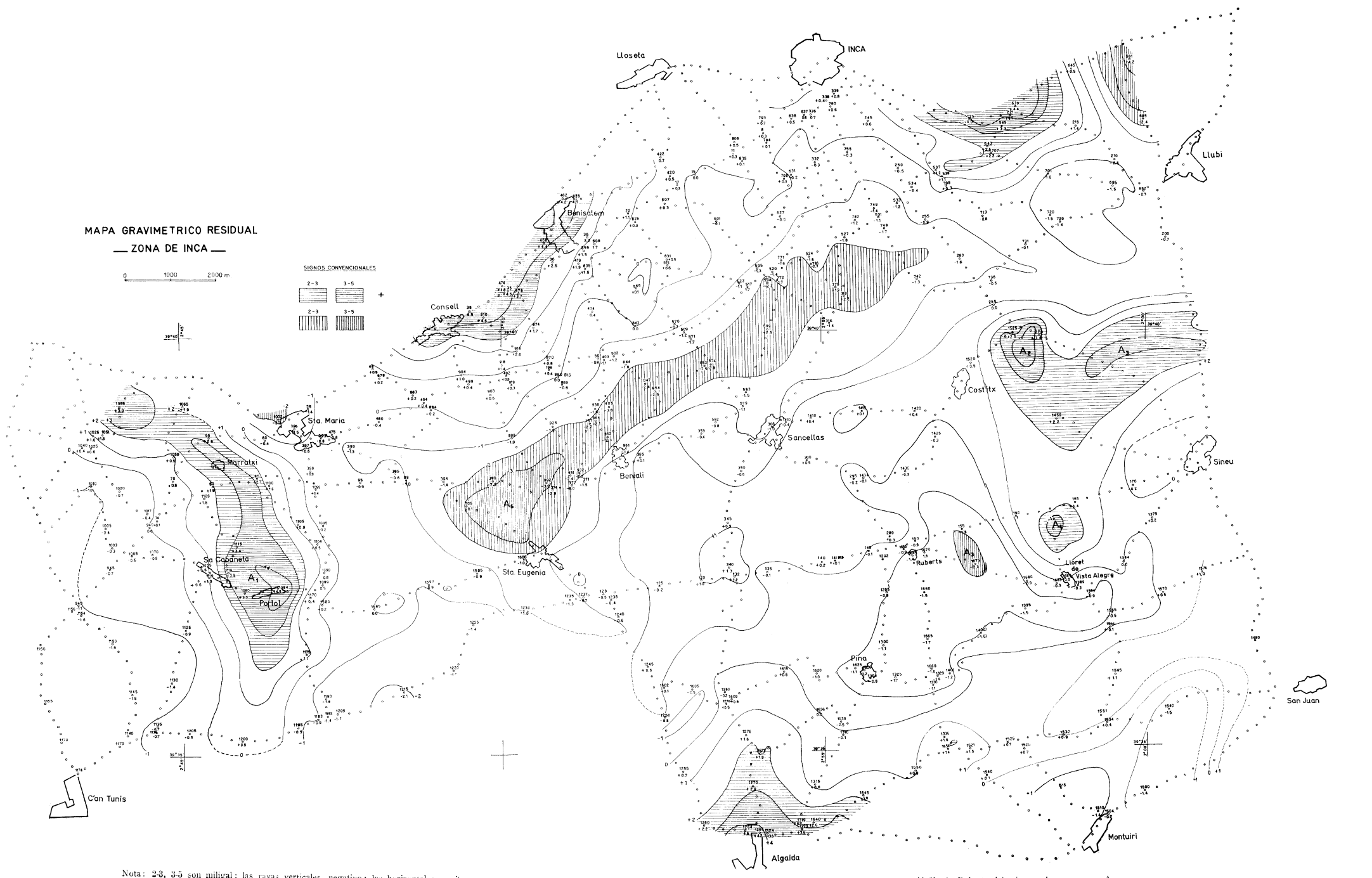
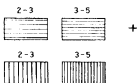
Mapa de anomalías de Bouguer de Mallorca

MAPA GRAVIMETRICO RESIDUAL

— ZONA DE INCA —

0 1000 2000 m

SIGNOS CONVENCIONALES



Nota: 2-3, 3-5 son miligal; las rayas verticales, negativo; las horizontales, positivo.

Al E. de Ruberts debe leerse A_2 en vez de A_3 .

fundidad máxima de los tramos inferiores del Secundario, del orden de 2.000 a 3.000 m. aproximadamente.

b) El análisis de la anomalía positiva A', nos ha confirmado esta profundidad del Secundario, hallando la curva de variación de $\bar{g}(r)$ con respecto a r . En el caso de una masa concentrada en un punto —o esférica—, el valor del punto de inflexión $g(r_i)$ y el valor en el origen $g(0)$ proporciona una estimación de la profundidad de la masa. En este caso resulta $r_i = 1.100$ m. y como la anomalía máxima se produce cuando $Z = 2 r_i$, deducimos una profundidad aproximada de 2.000 metros, que ha sido la adoptada. Esta es la profundidad a la cual las masas que produzcan anomalía se destacarán más.

2) Con la retícula determinada hallar el mapa Regional.

Se ha determinado una retícula sobre el mapa de Bouguer, que hemos transformado en octógonos, cuyos vértices están del centro a la distancia. En cada vértice de estos octógonos se ha aplicado la ecuación:

$$Z = \frac{1}{8} (g_1(r_i) + g_2(r_i) + g_3(r_i) + \dots + g_8(r_i))$$

Los resultados del mapa Regional nos han indicado:

Que el sinclinal central, ya descubierto anteriormente, con el eje: Santa Eugenia, Benialí, zona Sur de Inca, continúa en profundidad por debajo de las formaciones secundarias.

Que en la zona Oeste (Santa María, Portol, Sa Cabaneta, Marratxi), existe un notable gradiente de dirección SE-NO. de aproximadamente 1 miligal/km.

En la zona SE. (Ruberts, Lloret de Vista Alegre y Pina), se manifiesta también un gradiente de dirección NO-SE. y de aproximadamente 0,9 miligal/km.

Ambos gradientes, como vemos, tienen dirección perpendicular a las líneas tectónicas.

3) Mapa Residual.

Después de restar los valores del mapa Regional de los de Bouguer, obtenemos el mapa Residual.

Es decir, que la anomalía Residual viene dada por la expresión:

$$R = G - Z.$$

En este mapa hemos eliminado las anomalías producidas por formas geológicas situadas por debajo del Secundario. Al mismo tiempo vemos que la densidad media de los tramos de dicho Secundario son superiores a los de cualquier formación más moderna; por lo tanto, se considera que en este mapa puede seguirse la marcha del Secundario y, en consecuencia, se pueden determinar aquellas zonas en que los bancos de lignitos estén situados a menos profundidad.

Del estudio del mapa Residual, deducimos:

1) Que en efecto, este mapa nos sirve para seguir la marcha de las estructuras secundarias: la anomalía positiva A₁ (+ 4,5 miligales), coincide con un afloramiento de Lias. Lo mismo sucede con la anomalía A₃ (+ 3,2 miligales), en que su parte NE. coincide con su afloramiento liásico y el resto con un afloramiento oligoceno, donde probablemente el Secundario se encuentra también próximo a la superficie. Al E. de Costitx también existe un afloramiento jurásico, que aunque coincide también con una zona de incremento de los valores positivos, no ha determinado una anomalía bien delimitada, por falta de suficientes datos gravimétricos. En consecuencia, el estudio de las anomalías positivas nos debe indicar la marcha del Secundario.

2) La anomalía A₄ (+ 3,3 miligales), ha sido destacada en el mapa Residual, y probablemente determina una zona en la que el Secundario se presenta más próximo a la superficie. Las anomalías negativas A₅ (-2,4 miligales) y A₆ (-3,9 miligales), corresponden a zonas en que el Secundario se encuentra a mayor profundidad, por lo tanto, pueden constituir lugares interesantes desde el punto de vista de la investigación de aguas subterráneas.

3) En el mapa de Bouguer, hacia el Oeste, existe una anomalía que no se define claramente, pero que ha quedado totalmente determinada al convertirse en la anomalía A₁ del mapa Residual, cuyo máximo (+ 4,9 miligales) queda localizado al Norte de la ciudad de Portol. Esta anomalía constituye una zona interesante desde el punto de vista de investigación de lignitos, aunque nada se ve en superficie por estar cubierta por terrenos cuaternarios. También es muy sugestivo su flanco de Levante para aguas subterráneas.

VIII. CONCLUSIONES

Considerando todo lo dicho anteriormente, y a la vista de nuestros mapas, se llega a las siguientes conclusiones:

1.º La región determinada por los mínimos gravimétricos es la que consideramos más hundida

y constituye una cubeta hidrogeológica. Comprende los pueblos de Santa María, Consell, Benisalem, Inca, Llubí, Sancellas, Benialí y Santa Eugenia, con salida de sus aguas hacia el Suroeste.

Además es de interés hidroológico la zona de mucha menor extensión, que comprende los pueblos de Lloret de Vista Alegre, Ruberts y Pina.

2.º Tanto en el mapa de Bouguer como en el Mapa Residual, se manifiesta en forma muy similar la franja de mínimos gravimétricos, cuyo eje tiene dirección NE-SO, y pasa cerca de los pueblos de Santa Eugenia y Benialí al N. de los mismos.

Esto nos indica, dadas las características geológicas de la región, que la estructura sinclinal debe producirse desde el techo del Burdigaliense, hasta el Secundario; lo que es otro dato hidrogeológico de mucho interés.

3.º Las anomalías negativas A_6 en el indicado eje de Santa Eugenia, Benialí y A_5 , cerca de Ruberts, podrían servir de puntos de partida para futuras investigaciones por el método eléctrico de resistividades, ya que esas zonas son de especial interés. Esto nos podría proporcionar valiosos da-

tos, no solamente en cuanto a profundidades de las capas a perforar, sino en cuanto a la posible salinidad de sus aguas.

4.º El flanco de Levante de la anomalía positiva de Marratxi-Portol debe ser estudiado detalladamente con sondeos eléctricos, pues hay probabilidades de encontrar agua, por estar alimentado por el sinclinal NE-SO de Santa Eugenia, y por otro aproximadamente NO que pasa por Santa María.

Resultados:

Mucho después de terminado este estudio, hemos tenido conocimiento de que se ha alumbrado un pozo con agua buena en la región de Inca, muy cerca del pueblo. El pozo está situado sobre el flanco Sur de una anomalía positiva, resultado normal, de acuerdo el estudio gravimétrico con el geológico de esa zona. El agua se encontró en pudingas del Aquitaniense y a menos de 150 metros de profundidad. La calidad es buena.

Recibido 18-X-68.

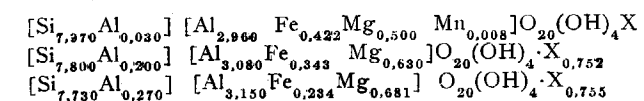
Las bentonitas de Cabo de Gata: II. Yacimiento de Palma del Muerto

por J. L. MARTIN VIVALDI (*) y J. LINARES GONZALEZ (**)

RESUMEN

El yacimiento de Palma del Muerto está situado en el extremo NE de la Serrata de Nijar (Almería).

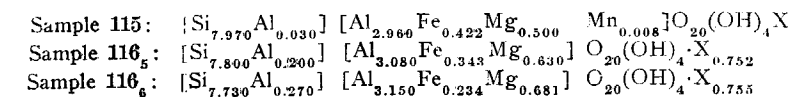
Los datos obtenidos por difracción de rayos X, A. T. D., análisis químico, capacidad de cambio, sílice libre, área específica y estudio óptico, permiten concluir que la roca original es una rioclasita sodoclásica. Esta roca se ha alterado a bentonita previo un aporte de Mg, Al y en algunos casos Na, y en una movilización de Si, Fe, Ca y K.



ABSTRACT

The Palma del Muerto bentonite deposits occurs in the NE part of the Serrata de Nijar (Almería).

The results obtained from several samples in different steps of alteration by X-ray diffraction, D. T. A., Chemical analysis, Exchange capacity, Free silica, Specific surface and optical study, lead to conclude that the original rock is a Sodoclastic Ryodacite. This volcanic rock has been altered to montmorillonite by a supply of magnesium, aluminium (in some places also sodium) and a removal of Si, Fe, Ca and K. The mineralogical formula of the montmorillonites are:



1. DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO Y MUESTRAS ESTUDIADAS

El yacimiento de bentonita de Palma del Muerto se encuentra situado en el extremo NE. de la Serrata de Nijar, a unos 35 kilómetros de Almería, en las cercanías del Cortijo del Parralero en la falda SE. de la Serrata. La roca volcánica más fresca parece de tipo riolítico, de color gris, alterada en tonos verdes y rojizos. La bentonita es verde o roja. A continuación se indica la identidad de las muestras:

N.º	Características
112	Roca volcánica algo transformada.
113-113 a	Rocas volcánicas poco alteradas
115	Bentonita verde.
116	Roca volcánica alterada
117	Roca volcánica alterada.
118	Roca volcánica alterada.

En la muestra 116 se observan unas zonas blancas deleznable, que en unos casos pasan a bentonita roja y en otros a verde. Se han estudiado las siguientes zonas:

N.º	Características
116 ₂	Zonas blancas.
116 ₃	Zona rosada unida a la anterior.
116 ₄	Zona roja en contacto con la anterior.
116 ₅	Incrustaciones verdes en la anterior.
116 ₆	Zona roja en contacto con la anterior.
116 ₁	Zona blanca unida a la anterior.

2. MÉTODOS EXPERIMENTALES

Las técnicas experimentales empleadas en este trabajo han sido descritas en la primera parte de esta serie de trabajos,

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía, Universidad de Granada.

(**) Estación Experimental del Zaidín, C. S. I. C. Granada.

3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En las tablas y figuras siguientes se reúnen los resultados obtenidos para las diversas muestras.

objeto de confirmar este último hecho, y partiendo de la fracción $< 2 \mu$, se obtuvieron dos diagramas de difracción con un agregado orientado: uno de ellos paralelo y el otro perpendicular al haz de rayos X. En el primer caso aparecieron li-

TABLA 1

Caracterización de las líneas más intensas de los diagramas de difracción de rayos X (*)

Yacimiento de Palma del Muerto

d (Å)	Muestras							
	112	113	113a	113a-N	115	115 2	117	118
17,0	M (8)	M (6)	M (5)	—	M (10)	M (10)	M (10)	M (10)
10,5	—	A (7)	A (8)	—	—	—	—	—
8,5	—	—	—	—	M (7)	M (7)	M (4)	M (5)
7,1	—	—	—	—	K (5)	—	K (6)	—
5,6	—	—	M (3)	—	M (5)	M (6)	M (4)	M (5)
4,47	M (8)	M (5)	M (4)	—	M (8)	M (6)	M (8)	M (6)
4,24	—	C (7)	C (7)	C (7)	—	—	—	—
4,02	P (7)	P (6)	P (4)	P (7)	P (6)	—	P (7)	P (8)
3,73	P (6)	P (7)	P (5)	P (7)	—	—	P (3)	P (5)
3,62	P (5)	P (6)	P (4)	P (8)	P (3)	—	P (4)	P (5)
3,40	—	—	M (2)	—	M (6)	M (8)	—	M (3)
3,33	C (8)	C (10)	C (10)	C (10)	C (6)	—	C (8)	C (5)
3,23	—	A (5)	A (7)	—	—	—	—	—
3,19	P (10)	P (10)	P (8)	P (9)	P (7)	—	P (8)	P (7)
2,99	—	P (8)	P (6)	P (8)	—	—	P (4)	P (3)
2,61	—	A (5)	A (5)	—	—	—	—	—
2,51	M (5)	—	M (5)	—	M (6)	M (6)	M (6)	—
1,81	—	C (5)	C (7)	C (7)	C (3)	—	C (4)	C (4)
1,53	—	C (3)	C (4)	C (6)	—	—	—	—
1,50	M (6)	—	M (2)	—	M (7)	M (8)	M (8)	M (6)

M = Montmorillonita; A = Atapulgita; C = Cuarzo; K = Caolinita; P = Plagioclasa.

(*) Los números entre paréntesis representan la intensidad relativa de cada línea de difracción.

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Difracción de rayos X.

De los diagramas de difracción obtenidos, algunos de ellos resumidos en las tablas I y I bis, se deducen los siguientes hechos: la muestra 112 contiene una pequeña cantidad de montmorillonita (17 %, tabla 4), una plagioclasa y cuarzo. Las muestras 113 y 113 a tienen una composición mineralógica muy parecida: contienen abundante plagioclasa y cuarzo y una mezcla de montmorillonita y atapulgita, especialmente la 113 a. Con

neas de ambos minerales, mientras que en el segundo aparecieron más netamente las de atapulgita al quedar eliminadas las reflexiones basales de montmorillonita. De la roca 113 a se aislaron varios nódulos (113 N), de mayor dureza que toda la masa y muy ricos en plagioclasa. Siguiendo el método de Goodyear y Duffin (1956) se llegó a la conclusión de que la plagioclasa era $Ab_{70}An_{30}$. La muestra 115 es una montmorillonita muy pura (96 %) con pequeñas cantidades de cuarzo y plagioclasa. La línea a 7.13 Å corresponde a caolinita, como se deduce de los resultados obtenidos después de efectuar los tratamientos ácido y tér-

TABLA 1 (bis)

Caracterización de las líneas más intensas de los diagramas de difracción de rayos X (*)

Yacimiento Palma del Muerto

d (Å)	Muestras					
	116 ₁	116 ₂	116 ₃	116 ₄	116 ₅	116 ₆
17,0	M (10)	M (10)	M (10)	M (10)	M (10)	M (10)
10,5	—	—	—	—	—	—
8,5	M (6)	M (6)	M (7)	M (7)	M (7)	M (7)
7,1	K (4)	K (8)	—	—	—	—
5,6	M (6)	M (6)	M (6)	M (6)	M (5)	M (5)
4,47	M (6)	M (8)	M (8)	M (8)	M (8)	M (8)
4,24	C (4)	—	—	—	—	—
4,02	—	P (6)	P (5)	P (4)	—	—
3,73	—	P (4)	P (4)	P (3)	—	—
3,62	P (2)	—	—	—	—	—
3,40	—	—	M (7)	M (6)	M (6)	M (6)
3,33	C (7)	C (7)	C (7)	C (6)	C (6)	C (6)
3,23	—	—	—	—	—	—
3,19	P (10)	P (8)	P (6)	P (5)	P (4)	P (3)
2,99	P (6)	—	—	—	—	—
2,61	—	—	—	—	—	—
2,51	—	—	M (7)	M (6)	M (6)	M (5)
1,81	C (3)	—	—	—	—	—
1,53	C (2)	—	—	—	—	—
1,50	M (4)	M (7)	M (8)	M (8)	M (7)	M (7)

M = Montmorillonita; A = Atapulgita; C = Cuarzo; K = Caolinita; P = Plagioclasa.

(*) Los números entre paréntesis representan la intensidad relativa de cada línea de difracción.

mico correspondientes. La composición mineralógica de las muestras de la serie 116 es: montmorillonita, plagioclasa y cuarzo. Es de notar la desaparición en número e intensidad de las líneas de plagioclasa al pasar de las zonas blancas (116₁-116₂) a las más coloreadas. La línea a 7.1 Å corresponde igualmente a caolinita. Las muestras 117 y 118 (70 y 42 % de montmorillonita) contienen además plagioclasa. En la 117 aparece de nuevo la línea a 7.1 Å, que corresponde también a caolinita.

4.2. Análisis térmico diferencial (figs. 1-2).

La mayoría de los registros de A. T. D. dan curvas típicas de montmorillonita. Sin embargo, y por sus efectos térmicos exigüos, se deduce que la 113 es la roca menos transformada. La 115 es

montmorillonita muy pura. Los porcentajes de montmorillonita deducidos del área del pico endotérmico sobre 650° C se muestran en la tabla 4.

4.3. Área superficial (tabla 2).

El valor del área interna para las diferentes muestras está de acuerdo con los resultados anteriores de rayos X y A. T. D. en cuanto a la riqueza de material hinchable.

4.4. Capacidad y cationes de cambio.

Se han determinado solamente en las muestras más transformadas, confirmando su gran alteración. El catión de cambio predominante es el Mg seguido de Ca, Na y K (tabla 2).

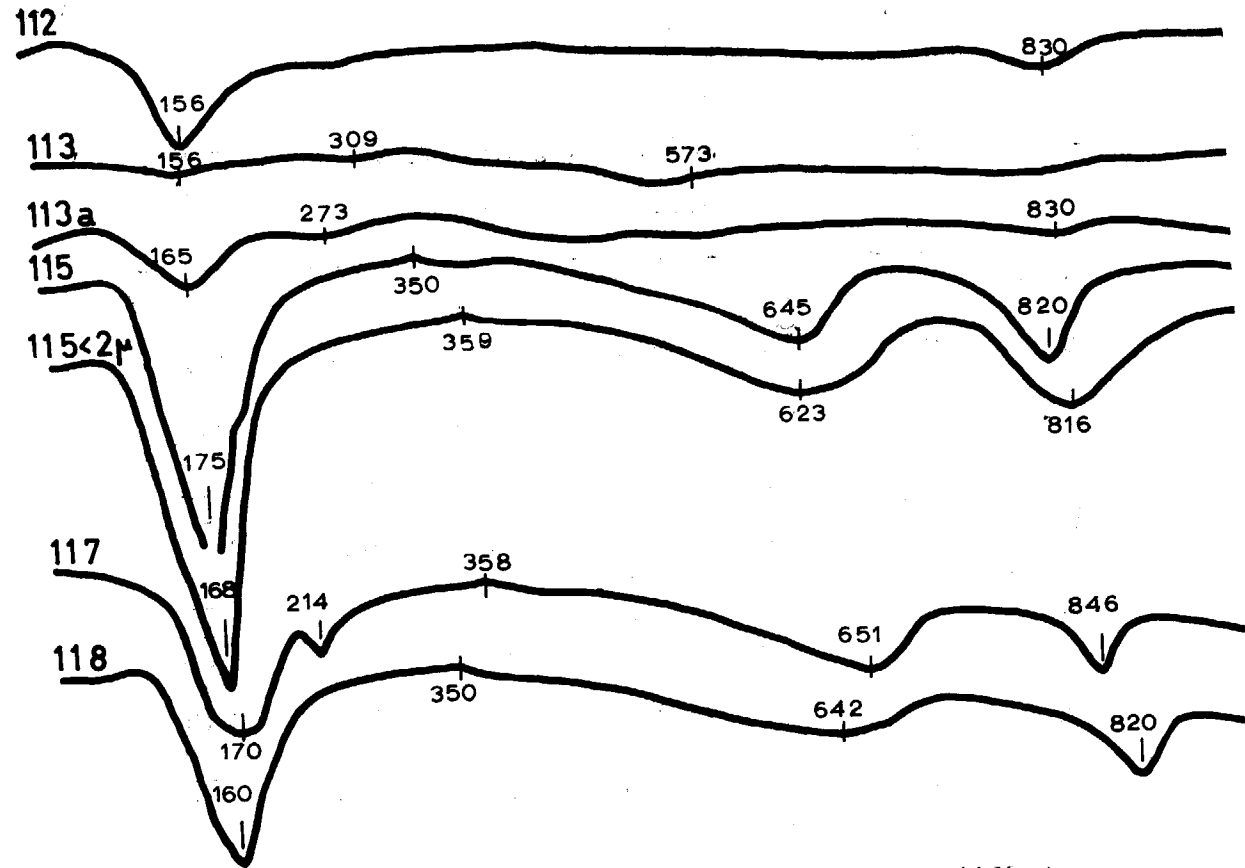


Fig. 1.—Curvas de análisis térmico diferencial. Yacimiento de Palma del Muerto.

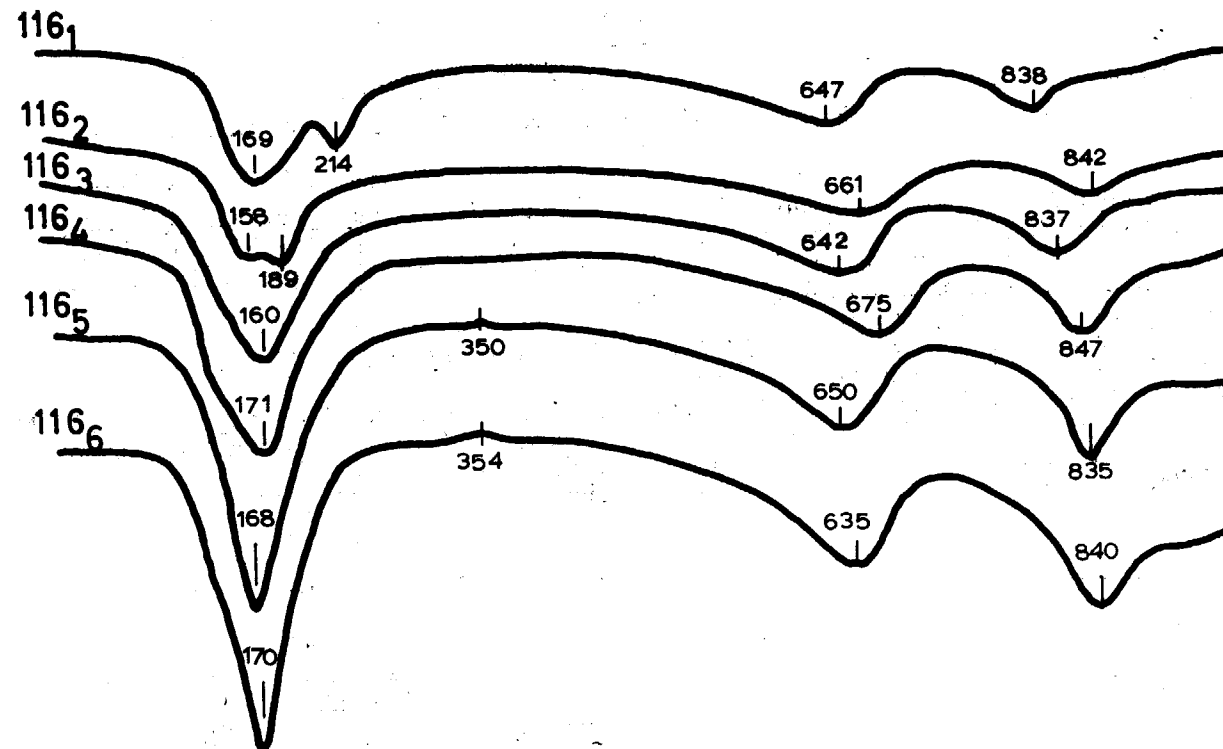


Fig. 2.—Curvas de análisis térmico diferencial. Yacimiento de Palma del Muerto.

TABLA 2

Área interna, gel de sílice libre, capacidad de cambio de cationes y cationes de cambio para el conjunto de muestras del yacimiento de Palma del Muerto

Muestra	Área m ² /gr	SiO ₂ % Libre	C. C. C. meq/100	Cat. de C. meq./100			
				Ca	Mg	Na	K
112	120	—	—	—	—	—	—
113	28	—	—	—	—	—	—
113 a	85	—	—	—	—	—	—
115	771	1,07	95,8	15,4	58,0	17,9	5,0
116 ₁	526	1,00	55,2	—	—	—	—
116 ₂	514	1,42	58,6	—	—	—	—
116 ₃	357	0,75	72,4	—	—	—	—
116 ₄	616	1,32	96,2	14,9	61,1	14,3	6,5
116 ₅	746	1,07	96,4	13,2	61,4	14,7	7,1
116 ₆	799	0,76	97,6	11,6	63,8	14,4	7,2
117	539	—	—	—	—	—	—
118	356	1,00	—	—	—	—	—

TABLA 3

Análisis químico. Yacimiento de Palma del Muerto

Muestra	112	118	113a	115	1181	18-N
SiO ₂	65,30	63,90	67,25	60,75	60,80	70,60
Al ₂ O ₃	11,12	10,65	18,70	18,97	15,05	14,94
Fe ₂ O ₃	2,78	6,34	1,31	4,22	9,85	3,02
MgO	2,47	4,06	4,24	4,86	6,85	0,86
CaO	1,88	2,64	1,88	0,97	1,82	2,71
MnO	—	—	—	0,08	—	—
TiO ₂	0,58	0,60	0,74	—	—	0,69
Na ₂ O	2,25	3,21	1,27	0,56	1,07	4,43
K ₂ O	5,43	4,07	0,72	0,25	0,84	3,22
H ₂ O (+)	8,13	4,32	4,68	9,32	3,89	0,51
Total	99,89	99,69	100,79	99,98	100,17	100,98

Muestra	116 ₁	116 ₂	116 ₃	116 ₄	116 ₅	116 ₆
SiO ₂	61,90	61,30	61,20	60,40	61,10	60,20
Al ₂ O ₃	18,75	17,51	19,43	20,76	21,43	22,38
Fe ₂ O ₃	4,00	4,71	3,42	2,47	3,52	2,42
MgO	4,11	5,11	5,09	5,62	5,72	6,10
CaO	2,23	2,08	1,11	0,83	0,74	0,65
TiO ₂	0,32	0,58	—	—	—	—
Na ₂ O	0,66	0,77	0,96	0,92	0,94	0,92
K ₂ O	1,74	1,58	0,82	0,60	0,65	0,67
H ₂ O (+)	6,35	6,14	7,56	6,87	6,35	6,23
Total	100,06	100,38	99,59	99,47	100,45	99,57

4.5. Análisis químico.

A partir de estos análisis (tabla 3) se han calculado las normas mineralógicas de las rocas más frescas. La roca 113 corresponde a una riodacita sodoclásica (217 V, según la nomenclatura de Johansen). Los nódulos 113 N corresponden a una riodacita. La plagioclasa normativa es Ab₉₈An₂ para 113, y Ab₇₈An₂₂ para 113 N.

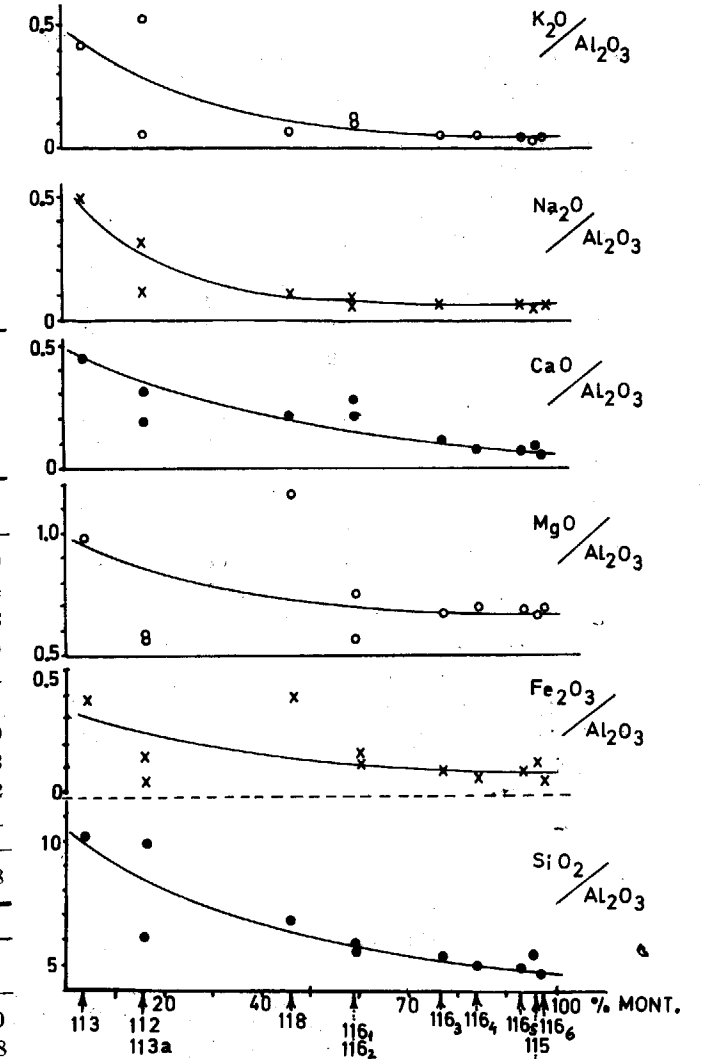


Fig. 3.—Razones molares óxido/alúmina en función del porcentaje de montmorillonita en las muestras del yacimiento de Palma del Muerto.

En la figura 3 se han representado las razones molares óxido/alúmina de cada muestra, según su porcentaje de montmorillonita deducido anteriormente. Se puede observar en general una mo-

vilización de elementos, desde las muestras más frescas a las más transformadas. El único caso dudoso es el de Mg. Estas conclusiones se basan en la suposición de que el aluminio no se moviliza. Sin embargo, para establecer el balance geoquímico real, Sadran, Millot y Bonifas (1955) indican que debe hacerse un razonamiento isovolumétrico, es decir, que hay que suponer que la trans-

TABLA 4

Porcentajes de montmorillonita deducidos por diversos métodos. Yacimiento de Palma del Muerto

Muestra	Difr. R-X (1)	ATD (2)	Area In. (3)	CCG (4)
112	17	—	15	—
113	3	0	4	—
113 a	13	25	11	—
115	96	95	96	96
115 ₂	100	100	—	—
116 ₁	55	62	66	55
116 ₂	56	58	64	59
116 ₃	82	78	45	73
116 ₄	83	79	77	96
116 ₅	93	91	93	96
116 ₆	96	97	100	97
117	70	64	67	—
118	42	53	45	—

- (1) Deducido del área de la reflexión (001).
- (2) Deducido del área del pico endotérmico a 650° C.
- (3) Deducido del área hinchable.
- (4) Deducido del valor de la capacidad de cambio de cationes.

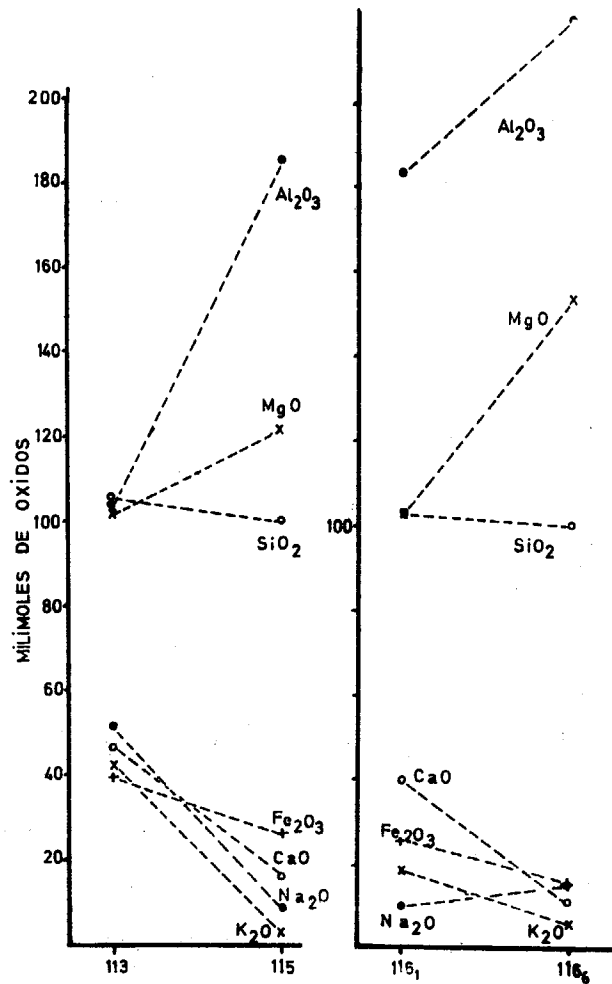


Fig. 4.—Milimoles absolutos de óxidos para dos parejas de muestras del yacimiento de Palma del Muerto: 113 (roca)-115 (bentonita) y 116₁ (roca)-116₆ (bentonita).

TABLA 5

Muestra	Fórmula mineralógica
115	[Si _{7,970} Al _{0,030}] [Al _{2,960} Fe _{0,122} Mg _{0,500} Mn _{0,008}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,770}
116 ₄	[Si _{7,870} Al _{0,130}] [Al _{3,120} Fe _{0,246} Mg _{0,630}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,776}
116 ₅	[Si _{7,800} Al _{0,200}] [Al _{3,080} Fe _{0,348} Mg _{0,630}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,752}
116 ₆	[Si _{7,730} Al _{0,270}] [Al _{3,150} Fe _{0,234} Mg _{0,681}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,755}
124	[Si _{7,360} Al _{0,640}] [Al _{3,180} Fe _{0,320} Mg _{0,687}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,776}
404	[Si _{7,700} Al _{0,300}] [Al _{3,360} Fe _{0,238} Mg _{0,390}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,730}
33	[Si _{7,550} Al _{0,450}] [Al _{3,476} Fe _{0,224} Mg _{0,338}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,660}
224	[Si _{7,730} Al _{0,250}] [Al _{3,230} Fe _{0,188} Mg _{0,640}] O ₂₀ (OH) ₄ X _{0,686}

NOTA: Las muestras 115, 116₄, 116₅ y 116₆ pertenecen al yacimiento de Palma del Muerto. La 124 corresponde a los Trancos; la 404 a Majada de las Vacas; la 33 a Tidinit, y, finalmente, la 224 a Lalla-Maghnia

TABLA 8

Composición mineralógica aproximada
Yacimiento: Palma del Muerto

Muestra	Mo.	Pla.	F-K	C	Pgk.	K	Mi.
112	+	++	—	+	—	—	—
113	+	+++	+	+++	+	—	—
113a	++	++	+	+	—	+	—
113aN	—	++++	+++	++	++	—	+
115	++++	+	—	+++	—	—	—
116 ₁	++	+++	+	+	—	+	—
116 ₂	++	+++	—	+	—	+	—
116 ₃	+++	++	—	+	—	—	—
116 ₄	++++	++	—	+	—	—	—
116 ₅	++++	+	—	+	—	—	—
116 ₆	++++	+	—	+	—	—	—
117	+++	++	—	+	—	+	—
118	++	++	—	+	—	—	—

Mo = Montmorillonita; Pla = Plagioclasa; F-K = Feldspato potásico; C = Cuarzo; Pgk = Paligorskita (Atapulgita); K = Caolinita; Mi = Mica (Ilita); ++++ = Muy abundante; +++ = Abundante; ++ = Moderado; + = Muy poco.

formación ha transcurrido sin cambio de volumen. Esta suposición tiene su base en que las bentonitas conservan normalmente la textura de la roca original. Según este razonamiento, dichos autores llegan a la conclusión de que el proceso de transformación roca-bentonita consiste esencialmente en una aluminización. Por tanto, el aluminio no debe considerarse como inmóvil. Así, se pueden obtener conclusiones más firmes considerando los milimoles absolutos de óxidos. De esta forma se han construido las gráficas de la figura 4, para las parejas de muestras 113 (roca)-115 (bentonita) y 116₁ (roca)-116₆ (bentonita). En ambos casos es posible observar el aumento (aporte) de magnesio y aluminio y el lavado (movilización) de los restantes elementos. Solamente el Na representa una situación de aporte en el caso de 116₁-116₆.

De los análisis químicos de las muestras más transformadas, 115, 116₄, 116₅ y 116₆, se han calculado las fórmulas mineralógicas correspondientes (tabla 5). Hay que resaltar que la carga de la celdilla unidad es de origen fundamentalmente octaédrico, especialmente en la 115, y el hecho de existir manganeso en la capa octaédrica de esta última muestra.

4.6. Examen óptico.

La muestra 113 está formada por una masa microcristalina con abundantes fenocristales de plagioclasa, siendo muy escasos los cristales de cuarzo. La plagioclasa corresponde a labradorita. Sin embargo, la plagioclasa deducida del análisis químico es más sódica, sugiriéndose como responsable de ello a la composición de la masa microcristalina. En los nódulos 113 N existen abundantes fenocristales de plagioclasa y microcristales de cuarzo en una masa microcristalina. La plagioclasa es intermedia entre labradorita y andesina.

BIBLIOGRAFÍA

GOODYEAR, J. y DUFFIN, W. J. (1954): *The identification and determination of plagioclase feldspars by the X-Ray powder method.* «Min. Mag.», 30, 306-326.
SADRAN, G., MILLOT, G. y BONIFAS, M. (1955): *Sur l'origine des gisements de bentonites de Lalla-Maghnia (Orán).* «Pub. Serv. Carte Geol. de l'Algerie (Nouv. Serie) Bull.», 5, 213-234.

Recibido: 4-VII-67.

INFORMACION

Personal

NECROLOGIA

ALFONSO DE ALVARADO Y MEDINA

Nace el 11 de abril de 1888, en el edificio del Gobierno Militar, de una de nuestras más bellas provincias ultramarinas, en San Juan de Puerto Rico, el ilus-



tre ingeniero de Minas D. Alfonso de Alvarado y Medina, fallecido en Madrid el 29 de octubre último.

Cursó el bachillerato brillantemente en Málaga e ingresa en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, donde finaliza los estudios con el número 2 de la promoción de 1910, la calificación de sobresaliente y título de honor.

Después de un trabajo activo en la Industria minera privada, pasa destinado al Distrito Minero de Málaga en plaza de Auxiliar Facultativo de Minas, de donde le trasladan con la misma categoría al Instituto Geológico y Minero en 1917.

Completó su recorrido técnico en este Centro, como Ingeniero Auxiliar y Vocal, alcanza la Dirección, puesto que desempeñó con gran afecto para sus subordinados.

En su vida profesional tuvo una predilección marcada hacia los problemas de los hidrocarburos, motivo que le obligó a participar en varias reuniones internacionales, iniciadas en 1925 con la Asamblea de Geología y Petróleo celebrada en plenos Cárpatos en Boryslaw (Polonia). Participa en 1934 en las experiencias realizadas en Birmingham sobre la destilación y aprovechamiento industrial de los lignitos de Aliaga (Teruel), en 1935 como Ingeniero de la Sección de Producción del Instituto Nacional de Combustibles Líquidos; en el mismo año como preparador y organizador del Cursillo de Combustibles Líquidos; en 1941 estudia la prolongación de las Cuencas Hulleras de las provincias de León y Palencia. Cuentan varias entidades como CAMPSA, INI, etc., con su colaboración para el estudio de las posibilidades petrolíferas de España en las zonas N. y S. del Ebro en la provincia de Burgos. Se traslada en comisión de servicio del INI a Alemania, para reiterar sus estudios sobre destilación de pizarras bituminosas y lignitos.

Otra actividad de nuestro biografiado fue la hidrogeología, motivo de su comisión de servicio en 1933 en los Distritos Mineros de Canarias, donde eran muy necesarias sus actividades. Le designaron en 1935 Jefe de la 8.ª División Geológica e Hidrogeológica de Santa Cruz de Tenerife.

Inicia su valiosa colaboración en las publicaciones del I. G. y M. en 1918 con el estudio de los lignitos de la provincia de Granada, y participó en diecisiete Hojas Geológicas del Mapa Nacional a escala 1:50.000

Fue Vicepresidente del Consejo de Minería y Metalurgia y Presidente de la Comisión Nacional de Geología, y al

fallecer formaba parte de la Junta Consultiva de la Asociación de Ingenieros de Minas.

Sus compañeros lo consideraban como de brillante historia académica, varón sincero y escrupuloso, con sólida cultura técnica.

Sus subordinados siempre lo apreciamos por sus aciertos como jefe, y rogamos a nuestros lectores una oración por el eterno descanso de su alma.

L. DE A

Noticias

ECONOMIA

INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE ACERO

En Glenbrook, al Sur de Auckland, la New Zealand Steel Co. ha adquirido mil acres de arenas ricas en mineral de hierro. Mediante procesos de reducción directa y hornos eléctricos, producirá para 1970 unas 200.000 toneladas de acero por año.

En Chile, los Establecimientos Metalúrgicos INDAC S.A. han pedido un horno eléctrico y un tren laminador de perfiles y redondos con la Ishikawajima-Harima Heavy Industries del Japón. La capacidad anual será de 23.000 toneladas.

En Singapur, la National Iron & Steel Mills (NISM), que ha estado exportando más de la mitad de su producción anual de 60.000 toneladas, proyecta aumentar esta capacidad a medio millón de toneladas anuales. Tiene en estudio la instalación de hornos básicos soplados con oxígeno y colada continua.

ENERGIA

CENTRAL DE URANIO ENRIQUECIDO Y AGUA HIRVIENTE

El grupo industrial francés «Sogerca», compuesto por las sociedades «Alsthom» y «Alsacienne» se dispone a construir centrales de uranio enriquecido y agua hirviente. En una etapa posterior, prevista en la evolución del citado grupo, la empresa «Alsthom» cederá una parte de sus acciones a las firmas «Thomson Houston-Hotchkiss-Brandt» y «Grands Travaux de Marseille», y la empresa «Alsacienne» facilitará asimismo una participación en el nuevo grupo industrial a su filial «SICN» y a las firmas «SNECMA», «Chartiers de L'Atlantique» y «Compagnie Générale d'Electricité».

El grupo así constituido pasará después a fabricar combustibles atómicos.

CENTRAL NUCLEAR TRANSPORTABLE

En el Instituto de Física Energética dependiente del Comité Estatal para la Utilización de la Energía Atómica de

la Unión Soviética, se han elaborado los planes para la construcción de una central eléctrica nuclear totalmente transportable y con una potencia de 1.500 Kw.

Se denominará «Sewer», dispondrá de una instalación indirecta de generación de vapor mediante un reactor de agua. Sólo necesitará para su manejo con tres operarios por turno, calculándose que el reactor podrá funcionar durante cinco años sin necesidad de recibir combustible. El equipo, de unas 360 toneladas de peso, podrá transportarse como un bloque unitario y listo para funcionar.

CENTRAL NUCLEAR EN KARLSRUHE

La central nuclear situada en el recinto del Centro de Investigación Nuclear de Karlsruhe será provista de los primeros circuitos de ensayo. El reactor experimental Siemens de esta central será utilizado para la generación de energía, para la investigación tecnológica de reactores y para la prueba de elementos de combustión y demás componentes del reactor. Se ha pedido el instrumental de los dos primeros circuitos de ensayo. Serán empleados equipos del nuevo sistema electrónico modular para la computación y regulación analógicas.

INVESTIGACION

ACCION DE LAS FUERZAS GRAVITATORIAS SOBRE LA VELOCIDAD DE PROGRAMACION

En un experimento llevado a cabo por un equipo de físicos del «Massachusetts Institute of Technology», se ha confirmado la teoría de Einstein relativa a la acción de las fuerzas gravitatorias sobre la velocidad de programación de las ondas de radio y de la luz.

Las investigaciones se realizaron mediante la emisión hacia los planetas Venus y Mercurio de señales de radar de frecuencia ultraalta, cuando aquéllos se hallaban en sus órbitas alineados detrás del Sol, y la medición del retardo de las señales-eco recogidas (con intensidad 1/27 de las señales emitidas) originado por su paso a través del campo gravitatorio solar.



NUEVA VARIEDAD DE CUARZO

En las investigaciones realizadas en el Instituto de Física de las Altas Presiones de la Academia de Ciencias de la U. R. S. S., se ha obtenido un cuarzo modificado, trabajando a presiones de 200.000 atmósferas y a temperaturas de 1.200-1.400° C. Sobrepasa en densidad (4,35) al cuarzo normal (2,65) y a todas las variedades conocidas de este mineral. El estado alcanzado es irreversible, y a diferencia de las otras modificaciones del cuarzo conocidas, ésta es insoluble en ácido fluorhídrico. Esta propiedad se atribuye a la gran energía de enlace entre los átomos que integran el citado material.

NOVEDADES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

MICROSCOPIO DISCRIMINADOR DE ÁTOMOS

El Prof. E. Mueller, de la Universidad federal de Pensilvania, ha puesto a punto un microscopio que permite discriminar los átomos de los elementos químicos.

El sistema de amplificación del nuevo instrumento es análogo al de un microscopio iónico anterior del mismo científico en 1956, con un poder de amplificación de dos a cinco millones de veces. La muestra a examinar se introduce en la cámara de vacío en forma de una delgada aguja de una diezmilésima de milímetro de diámetro, y se le hace girar hasta que el átomo de su extremo incide en la pantalla de la imagen, en un campo visual delimitado con exactitud y en el que la imagen se ve claramente. Mediante un impulso de alta tensión se desprende el átomo de la punta de la aguja en forma de ión, cargado eléctricamente, penetrando a través de una rendija diminuta en un espectrómetro de masas, con el que se identifica el elemento.

VARIOS

PLANTA DE ETILENO EN ARGENTINA

El grupo UDEPA, formado básicamente por Duperial, Ipako y Electroclor, contando con el respaldo financiero preliminar de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Gas del Estado y Atanor, proyecta construir ya sea en La Plata o en San Lorenzo una planta de etileno de 180.000 toneladas anuales de capacidad y valuada en unos 300 millones de dólares. La empresa invita a la participación de inversionistas de cualquier compañía, siempre que sea usuaria de etileno o abastecedora de materia prima. La producción básica será polietileno y policloruro derivados del vinilo.

EXTRACCIÓN DE COBRE POR EXPLOSIÓN ATÓMICA

Se estudia un método de extracción de cobre mediante explosivos nucleares que quizás permita aprovechar vastos yacimientos que normalmente no podrían explotarse en forma económica. Las investigaciones se están haciendo por el Negociado de Minas de Estados Unidos y la Kennecott Copper Corp.

El estudio forma parte de un importante programa para desarrollar aplicaciones pacíficas para los explosivos atómicos. Se cree que en un futuro próximo ya podrá hacerse una prueba práctica. La ubicación más probable sería el yacimiento Stafford, perteneciente a la Kennecott, en la parte Sudeste del Estado de Arizona.

HORNO DE OXÍGENO BÁSICO

La capacidad de producción de acero en hornos de oxígeno básico aumentó rápidamente en Estados Unidos, pero no a un ritmo comparable con el del Japón. La encuesta llega a la cifra de 47,3 millones de toneladas anuales para el Japón y 43 millones para Estados Unidos.

El 65 por 100 de la producción total de acero del Japón es por el procedimiento del horno de oxígeno básico, mientras en los Estados Unidos sólo llega a 20 por 100. La capacidad mundial ha registrado un aumento de 20 por 100 respecto al año anterior. La Unión Soviética plantea triplicar su capacidad para 1970. Actualmente sólo produce el 6 por 100 de su acero por el procedimiento del horno básico, pero aún así revela la marcada tendencia mundial en favor de este método.

EXPLORACIÓN DEL GOLFO DE VENEZUELA

Se ha completado la exploración sísmica del Golfo de Venezuela, y se espera que antes de fin de año la Corporación Venezolana del Petróleo hará conocer los datos a las quince empresas privadas que participaron en la financiación del proyecto. Varias compañías han demostrado interés en obtener contratos de Venezuela, entre ellas la ENI de Italia, el grupo Hispanoil de España, y las industrias petroleras de Rumanía, Yugoslavia y Brasil, administradas por sus respectivos Gobiernos.

PLANTA DE FOSFATOS EN MÉXICO

La mayor planta de fertilizantes fosfáticos del mundo, fuera de Estados Unidos, quedará terminada dentro de pocos meses en Coatzacoalcos, en la costa del Golfo de México. La empresa Fertilizantes Fosfatos Mexicanos, organizada con la ayuda del Gobierno con el objeto de fabricar y exportar fertilizantes, está erigiendo un comple-

jo evaluado en 70 millones de dólares, con capacidad para producir anualmente 550.000 toneladas métricas de ácido fosfórico (con 54 por 100 de P_2O_5 y 204.000 toneladas por año de superfosfato triple granular (con 46 por 100 de pentóxido de fósforo). Se espera que el complejo entrará en servicio a principios del año 1969.

EL GAS NATURAL EN EL MAR DEL NORTE

Es probable la próxima creación de la «National Hydrocarbons Corporation», con facultades para la prospección y extracción de petróleo y gas natural en el Mar del Norte, así como para la adquisición del gas natural procedente de esta área en régimen de monopolio. Una de las razones para la creación de este organismo son las desavenencias sobre el precio del gas natural entre el «Gas Council» y las grandes compañías de petróleos. Por otra parte, la mitad de las concesiones de prospección y exploración otorgadas en 1964 revierten al Gobierno británico en 1970 (y en 1971, la mitad de las concesiones del año 1965 y así sucesivamente). La nueva entidad administrará sus explotaciones y estudiará los usos, ventas y explotaciones de gas natural, controlando al mismo tiempo en cierta medida las redes de oleoductos y gaseoductos de Gran Bretaña.

ENVÍO A AUSTRIA DE GAS NATURAL DE LA UNIÓN SOVIÉTICA

En el mes de junio de 1968 se firmó un acuerdo entre la Unión Soviética y Austria para el envío de gas natural desde el primer país al segundo. Las primeras expediciones comenzarían en el presente otoño hasta que se totalizaran los 3.000 millones de metros cúbicos concertados para el año en curso. Los envíos de años sucesivos ascenderán a 800 millones de metros cúbicos para 1969, a 1.000 millones de metros cúbicos para 1970 y a 1.500 millones para 1971. A partir de este año el suministro de gas a Austria se realizará por medio del gasoducto transeuropeo, que unirá Ucrania con el norte de Italia, a través de Checoslovaquia y Austria, y que estará destinado fundamentalmente al envío de gas natural desde la Unión Soviética a la empresa nacional italiana ENI, esperándose que entre en funcionamiento en 1972.

La Unión Soviética se compromete con Austria a comprar 550.000 toneladas de tubería a la empresa austriaca VOEST, lo que supone un pedido por valor de 3.000 millones de chelines austriacos.

El precio del gas soviético ha sido fijado en 6,15 chelines por metro cúbico de gas para los siete primeros años y estará exento de los aranceles aduaneros austriacos. Su envío a Austria se realiza en la actualidad a través de un conducto de seis kilómetros de longitud, que conecta el gasoducto eslovaco con la red de distribución de gas austriaca.

EL TÚNEL DEL CANAL DE LA MANCHA

El proyecto del túnel del Canal de la Mancha se espera sea una realidad para 1975. Las características de este túnel serán: 38 kilómetros de longitud de recorrido bajo el agua y dos galerías contiguas, cada una de las cuales tendrá un diámetro interior de 6,58 metros y cuyos ejes distarán entre sí 30 metros, ya que entre ambos túneles irá otra galería de servicios.

Se calcula para este túnel un tráfico anual de dos millones de automóviles, que transportarán a unos 5,5 millones de pasajeros y 4,5 millones de mercancías.

LOS YACIMIENTOS DE URANIO DE CANADA

Se calcula que los yacimientos de uranio más importantes de Canadá contienen aproximadamente unos 225 millones de toneladas de mineral, de las que unas 210.000 toneladas corresponden a U_3O_8 y unas 82.000 toneladas a ThO_2 . El 93 por 100 de estos yacimientos se encuentran situados junto al lago Elliot, al norte del lago Ontario, otro 6 por 100 en la región del lago Beaverlodge y un 1 por 100 en Brancroft zona central del Ontario.

A finales de 1959 se encontraban en explotación en Canadá 25 minas, con una producción anual de 15.892 toneladas de óxido de uranio. En el año último, sin embargo, la producción de óxidos de uranio descendió a 3.724 toneladas.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LOS RÍOS

Ante el alarmante grado de contaminación alcanzado por las aguas de varios ríos europeos, los dieciocho países miembros del Consejo de Europa, que en mayo último patrocinaron la «Carta Europea del Agua» para proteger las aguas del Danubio y otros importantes ríos, han decidido tratar este problema a escala europea, para lo que tienen el proyecto de convocar una reunión *ad hoc* en fecha próxima.

Recientes estudios realizados sobre algunas zonas del Rin dan una concentración en bacterias superior a los 200.000 por cm^3 , ocurriendo incluso que los pocos salmones existentes hoy día en el bajo Rin son prácticamente incomedibles.

PURIFICACIÓN DEL AGUA DE MINAS POR EVAPORACIÓN INSTANTÁNEA

Se está proyectando la construcción en Altoona (Pennsylvania), de una planta potabilizadora del agua ácida procedente de los desagües de minas de carbón, con una capacidad de 19.000 m^3 /día. El sistema utilizado es el de destilación instantánea. El agua resultante puede ser utilizada por el municipio como agua potable, o por las industrias que requieren agua ultra pura.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

M A T E R I A S	3-12-64	15-12-66	4-1-68	3-10-68	31-10-68
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	14,50	14,50	13,50	13,50	13,50
Londres (£ por Tm.).....	130 ¹ / ₂ -131	104-105	112 ¹ / ₈ -112 ¹ / ₄	109 ⁷ / ₈ -110 ¹ / ₈	110 ¹ / ₈ -110 ¹ / ₂
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	24,50	24,50	25,—	26,—	26,—
Londres (£ por Tm.).....	196,—	192,—	228-13-4	238-0-0	238-0-0
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	480-500	495-510	523-528	547-553	545-550
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)	140,—	185-210	220,—	230,—	230,—
VOLFRAMIO					
Londres (chelines por Tm.).....	169-174	310-325	410-425	370-390	360-375
PETROLEO					
Nueva York (\$ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3-3,10	3,10	3,20	3,20	3,20
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra) ..	171,—	154,—	150,—	154,—	156,—
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	64,50	36,38	38-38,25	42-42,25	42-42,25
Londres (£ por Tm.).....	502-510	426-426 ¹ / ₂	579-580	459-459 ¹ / ₂	445-455 ¹ / ₂
PLOMO					
Nueva York (dólares por libra)....	15,—	11,30	14,—	12,50	13,—
Londres (£ por Tm.).....	141-142	81-81 ¹ / ₄	93 ¹ / ₈ -93 ¹ / ₄	103 ¹ / ₄ -104 ³ / ₈	104 ¹ / ₄ -104 ¹ / ₂

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESION DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
257	15143	25-X-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres, caducando una concesión de explotación minera.
257	15144	25-X-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, cancelando el permiso de investigación que se cita.
261	15428	30-X-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, caducando siete concesiones de explotación minera.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
261	15427	30-X-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en zonas N. y S. de la provincia de Teruel.
261	15427	30-X-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en un perímetro de la provincia de Ciudad Real.
261	15428	30-X-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en un perímetro de la provincia de Murcia.
263	15524	1-XI-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas, suspendiendo el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en un perímetro de la provincia de Cuenca.
265	15589	4-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, cancelando seis permisos de investigación minera.
265	15589	4-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
266	15669	5-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
266	15671	5-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
266	15671	5-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando tres concesiones de explotación minera.
266	15669	5-XI-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Minas otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
276	16352	16-XI-68	Ind.	Corrección de erratas de la Resolución de la Dirección General de Minas, en el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en un perímetro de la provincia de Cuenca.
278	16498	19-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Ciudad Real, cancelando el permiso de investigación que se cita.
280	16607	21-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Avila, otorgando un permiso de investigación minera.
280	16607	21-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León otorgando los permisos de investigación que se citan.
280	16607	21-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Santander, otorgando los permisos de investigación que se citan.
281	16607	22-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
281	16644	22-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Segovia, caducando la concesión de explotación que se cita.
281	16644	22-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, otorgando cinco permisos de investigación minera.
283	16778	25-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
283	16778	25-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
283	16843	26-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, otorgando el permiso de investigación que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
287	17057	29-XI-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona, caducando el permiso de investigación que se cita.
290	17316	5-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Badajoz, caducando los permisos de investigación minera que se citan.
290	17316	5-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona, caducando los permisos de investigación que se citan.
290	17316	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, otorgando los permisos de investigación que se citan.
290	17316	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cuenca, otorgando el permiso investigación que se cita.
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Guipúzcoa, otorgando el permiso de investigación que se cita.
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, otorgando los permisos de investigación minera que se citan.
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, otorgando los permisos de investigación que se citan.
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Málaga, cancelando el permiso de investigación minera que se cita.
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Oviedo, otorgando los permisos que se citan.
290	17318	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Salamanca, otorgando el permiso de investigación que se cita.
290	17318	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia, caducando el permiso de investigación minera que se cita.
290	17318	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza, otorgando los permisos de investigación que se citan.
293	17506	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Alava, caducando el permiso de investigación que se cita.
293	17506	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Barcelona, caducando el permiso de investigación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Cáceres, caducando la concesión de explotación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Córdoba, caducando la concesión de explotación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Granada, caducando la concesión de explotación minera que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Huelva, caducando la concesión de explotación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de León, caducando el permiso de investigación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Madrid, otorgando y titulando la concesión de explotación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Sevilla, caducando el permiso de investigación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Teruel, por la que se hace público haber caducado la concesión de explotación que se cita.
293	17507	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Vizcaya, caducando las concesiones de explotación que se citan.
293	17508	6-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Zaragoza, caducando la concesión de explotación que se cita.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
PERSONAL				
261	15412	30-X-68	Ind.	Orden de 24 de octubre de 1968, por la que se dispone el cese en el cargo de Director del Instituto Geológico y Minero de España de don Félix Aranguren Sabas.
261	15412	30-X-68	Ind.	Orden de 24 de octubre de 1968, por la que se nombra Director del Instituto Geológico y Minero de España a don Juan Antonio Gómez Angulo.
291	17349	4-XII-68	J. del E.	Convenio número 100 de la O. I. T., relativo a la igualdad de remuneración entre la mano de obra masculina y la mano de obra femenina por un trabajo de igual valor.
291	17350	4-XII-68	J. del E.	Convenio número 105 de la O. I. T., relativo a la abolición del trabajo forzoso.
291	17351	4-XII-68	J. del E.	Convenio número 111 de la O. I. T., relativo a la discriminación en materia de empleo y ocupación.
291	17353	4-XII-68	J. del E.	Convenio número 123 de la O. I. T. relativo a la edad mínima de admisión al trabajo subterráneo en la minas.
296	17687	10-XII-68	Ind.	Orden de 9 de diciembre de 1968, por la que se constituye una Comisión Técnica encargada de estudiar los posibles emplazamientos de una refinería para el tratamiento de crudos de petróleo en el litoral catalán.
ENSEÑANZA				
258	15188	26-X-68	E. y C.	Orden de 16 de octubre de 1968, referente a los Catedráticos de Universidad titulares de las cátedras de «Geografía física» o de «Geografía física y Geología Aplicada».
253	14915	21-X-68	Ind.	Decreto 2.569/1968, de 11 de julio, adjudicando a «Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A.» (ENPENSA), en concurso público, el permiso de investigación de hidrocarburos «Villarçayo».
253	14915	21-X-68	Ind.	Decreto 2.570/1968, de 11 de julio, adjudicando a «Empresa Nacional de Petróleos de Navarra, S. A.» (ENPENSA), en concurso público, el permiso de investigación de hidrocarburos «Vaidivieso».
HIDROCARBUROS				
257	15143	25-X-68	Ind.	Orden de 10 de octubre de 1968, aceptando la renuncia de «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.» (ENPASA), a los permisos de investigación de hidrocarburos «Mocilla del Palancar», «Ledaña», «Mahora» y «Tarazona de Mancha», en Zona I (Península).
257	15143	25-X-68	Ind.	Orden de 10 de octubre de 1968, aceptando la renuncia de «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.» (ENPASA), a los permisos de investigación de hidrocarburos «Gandía», «Alcira» y «Valencia» en Zona I (Península).
261	15426	30-X-68	Ind.	Resolución de la Dirección General de Energía y Combustibles, anunciando concurso para la adjudicación de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos en Zona I (Península).
263	15521	1-XI-68	Ind.	Orden de 22 de octubre de 1968, aceptando a la «Compañía Española de Petróleos, Sociedad Anónima» (CEPSA y a la «Spanish Gulf Oil Co.» (SPANGOC), la renuncia a los permisos de investigación de hidrocarburos que se citan.

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
RESERVAS				
272	16074	12-XI-68	Ind.	Orden de 4 de noviembre de 1968, reservando provisionalmente a favor del Estado la investigación de gases naturales de origen volcánico en la isla de Lanzarote.
295	17657	9-XII-68	Ind.	Orden de 30 de noviembre de 1968, levantando la reserva provisional a favor del Estado de minerales radiactivos, «Zona séptima» (Teruel), establecida por Orden de 30 de enero de 1965.
295	17657	9-XII-68	Ind.	Orden de 30 de noviembre de 1968 por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado de minerales radiactivos en un perímetro de la provincia de Lérida.
VARIOS				
259	15283	28-X-68	Comercio	Orden de 19 de octubre de 1968, elevando en 505.000 toneladas la cuantía máxima a importar en el año 1968, con cargo al contingente arancelario libre de derechos, de hulla coquizable de la partida arancelaria 27.01-A.
266	15656	5-XI-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «Salto de Los Leres», para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de la Victoria de Acentejo (Tenerife).
266	15657	5-XI-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas «Barranco Vergara», para practicar trabajos de alumbramiento de aguas subterráneas en el Barranco Vergara, en el subsuelo de monte de propios de los Ayuntamientos de La Orotava y La Guancha (Tenerife).
266	15658	5-XI-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización otorgada a don Ignacio Santos Flores para alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos del monte de propios del Ayuntamiento de Santa Cruz de La Palma (Santa Cruz de Tenerife).
272	16041	12-XI-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a la comunidad «Los Garabatos», para continuar labores de alumbramiento de aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Puntagorda y Garafia (Tenerife).
276	16338	16-XI-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización concedida a la «Compañía Española de Petróleos, S. A.», para perforación de galería para alumbramiento de aguas subterráneas en término municipal de Candelaria (Tenerife).
290	17317	3-XII-68	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Lérida por la que se hace público haber declarado minero-medicinales las aguas del manantial «Aguas Pallars».
250	14722	17-X-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización concedida a don Heraclio Pérez Barreto para practicar trabajos de alumbramiento de aguas subterráneas en Barranco del Jurado, en monte de propios del Ayuntamiento de Tijarafe.
253	14916	21-X-68	Ind.	Decreto 2.571/1968, de 10 de octubre, por el que se reconoce la utilidad a efectos de expropiación forzosa de la instalación de una escombrec-

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	ASUNTO
257	15133	25-X-68	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas, por la que se hace pública la autorización otorgada a don Nereo Cabello Pérez para alumbramiento de aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Garafia (isla de La Palma, Santa Cruz de Tenerife).
293	17474	6-XII-68	Ejército	Decreto 2.992/1962, de 21 de noviembre, por el que se aprueban bases para una nueva reglamentación de la Cartografía Militar del Ejército.

Notas bibliográficas

GEOQUIMICA

P. BERTHOLLET: *Méthodes d'analyses utilisées par la section de géochimie uranium; radon; radium.* «Informe CEA-R-3557», 1968.

Describe los métodos de análisis utilizados por la prospección geoquímica del uranio.

La naturaleza de los materiales: sólidos, aluviones, rocas, vegetales, aguas y las exigencias propias de la prospección geoquímica, han conducido a adoptar y perfeccionar los métodos clásicos corrientemente utilizados y hacerlos aptos para ser ejecutados en series grandes, sin abandonar sus cualidades de precisión y de fidelidad.

Estos métodos son presentados con un máximo de detalles operatorios, que parecidos superfluos a los químicos habituados a los de valoración de indicios, son necesarios para los preparadores encargados de los análisis y a los geoquímicos llamados a interpretar los resultados.—L. DE A.

MINERALOGIA

CLAUDE LÉVY: *Contribución a la mineralogía de los sulfuros de cobre de tipo Cu₃XS₄.* «B. R. G. M.», núm. 54, París 1967, 178 págs.

El autor establece y precisa la composición química del sulfuro de fórmula general Cu₃XS₄ por medio de la microsonda electrónica y las propiedades estructurales por medio de los diagramas Debye-Scherrer. Su reconocimiento, el examen microscópico por reflexión, es extremadamente difícil, porque sus propiedades ópticas visuales son muy próximas: establece el autor las propiedades ópticas cuantitativas independientes del observador bajo forma de curvas

de dispersión de poderes reflectores. Estudia la estabilidad térmica utilizando el análisis térmico diferencial, el análisis termoponderal y el examen de secciones pulidas calentadas bajo corriente de argón.

La estannita, la estannita amarilla, la bornita naranja, la moscovita y la idaita, consituyen un grupo de fórmula general (Cu, Sn)₃FeS₄: entre la estannita Cu₂SnFeS₄ y la idaita Cu₂CuFeS₄, se inscriben la «estannita amarilla» y la «bornita naranja» o mausonita.

La briartita, la reinerita y la idalita, constituyen un grupo paralelo de fórmula general (Cu, Ge)₃FeS₄. La briartita Cu₂GeFeS₄ corresponde a la estannita, y la reinerita a la mausonita.

La costerita tiene por fórmula Cu₂SnZnS₄, y la germanita Cu₆GeFeS₈.

Las propiedades estructurales de estos minerales son extremadamente próximos, pero sus propiedades ópticas son muy diferentes: la mausonita, la reinerita y la idanita presentan el caso excepcional de inversión del sentido de la birrefringencia en la visible.

Por calentamiento, la «estannita amarilla» y la mausonita se transforman en estanita y la reinerita en briartita.

La luzonita Cu₃AsS₄ y las estibuoluzonita o famatinita Cu₃SbS₄, constituye una serie cuadrática pero no existe la serie ortorrómbica equivalente entre la enargita Cu₃AsS₄ y la estibioenergita hipotética.

Por calentamiento, la luzonita se transforma en enargita, después en tenantita, y después en jurleita. Al inverso, la estibuoluzonita se transforma directamente en tetaedrita sin pasar por la estibioenergita hipotética.

La colusita tiene por fórmula Cu₃(Sn, V, As)S₄ y no contiene telurio. Este elemento se encuentra en un mineral nuevo de la fórmula Cu₃(Te, As)S₄. Este último mineral se destaca por sus propiedades estructurales en la serie de los cobres grises, lo mismo que la golfiedita de fórmula Cu₃(Te, Sb)S₄.

La curva de dispersión de los poderes reflectores de la sulvanita $Cu_3V_2S_4$ presenta las bandas de absorción, que le confieren una forma excepcional.

Los poderes reflectores de la tetaedrita son más elevados que los de la tennantita, los mismo que los de cobres grises con teluro.

Conclusión: El autor ha intentado un ensayo de interpretación cristaloquímica de estos resultados con el fin de destacar netamente la influencia del tipo de enlaces sobre las propiedades ópticas y la estabilidad térmica de estos minerales.—L. DE A.

GEONUCLEONICA

J. CHALABREYSSE: *Toxicologie de l'uranium naturel. essai d'évaluation de la contamination interne chez l'homme.* «Informe CEA-R-3361», 1968, 162 págs.

Desde que se conocen las características físicas y las propiedades químicas del uranio natural y que éstas pueden tener una influencia sobre su toxicidad humana, se ha realizado el estudio detallado de su metabolismo y de su toxicidad, que dio lugar a la aplicación de normas profesionales de exposición al caso particular de esta toxicidad, y se ha establecido, a partir de informes de accidentes y de la experimentación humana encontrados en la literatura, una serie de fórmulas obtenidas para el desarrollo teórico-matemático, que poseen los principios de la vigilancia y de la puesta en evidencia de la contaminación interna para la investigación y la elaboración del uranio en las orinas de individuos profesionalmente expuestos.

Se ha efectuado un ensayo de la evaluación de la contaminación interna individual siguiente a diferentes casos de contaminación.

El formulario propuesto permite hacer una primera aproximación y apreciar rápidamente la importancia de una contaminación, o bien interpretar los resultados de exámenes sistemáticos por comparación con las normas profesionales de vigilancia radiotoxicológica individual.—L. DE A.

R. BITTEL: *Discussion bibliographique sur le comportement physico-chimique et la radioecologie du ruthenium dans les systemes hydrobiologiques.* «Bibliografía CEA-BIB-123 EUR-3863-f», 1968.

El presente informe corresponde al grupo de estudios relativos a los comportamientos de radioelementos, donde la físico-química es compleja y las circunstancias en los sistemas hidrobiológicos puede variar según las combinaciones en las cuales están incluidos.

La primera parte está esencialmente consagrada a los aspectos físico-químicos relativos al Ru. Cita una serie de monografías de las propiedades clásicas de los compuestos del Ru, de los compuestos salinos o complejos que inter-

vienen en los problemas radioquímicos y radio-ecológicos (complejos del nitrosil, Ru, tetraóxido, etc.). El aspecto estrictamente analítico se trata en detalle, insinuando más particularmente sobre los métodos y técnicas utilizables para separar y concentrar el rutenio, y sobre aquéllas que permiten la identificación de diversas especies de rutenio (sobre todo, métodos físicos, tales como la espectrometría de infra-rojo).

La segunda parte lleva un estudio del comportamiento del rutenio en las aguas y en los organismos acuáticos de una parte, y en los suelos de otra, y un ensayo de apreciación por vías «sensibles» o «críticas» de la transferencia del rutenio en las cadenas alimenticias acuáticas.—L.

D. BERTHIER: *La physique solaire.* «Bibliografía CEA-BIB-121», 1968.

El autor de este trabajo expone las principales teorías actuales del mecanismo solar, estudiando la transferencia de la energía desde el núcleo central donde se produce hasta las capas más externas de la atmósfera solar.

El núcleo, caracterizado por fuertes densidades y temperaturas altas, es el asiento de las reacciones termonucleares de transformación del hidrógeno en helio.

La fotosfera, parte visible del disco solar, es la capa que emite la casi totalidad de la energía luminosa.

La cromosfera y la corona, capas más externas del sol, con débiles densidades y temperaturas altas, son las zonas donde las manifestaciones de la actividad son más importantes.

Este trabajo, muy sucinto, está terminado por una bibliografía completa relativa a las teorías principales expuestas en el mismo.—L. DE A.

S. ENAMOTO: *Dosage d'elements Lourds par fluorescence X utilisant des radio-sources de rayons gamma. Heavy Elements: Concentration Determination by the X-ray Fluorescence Analysis Using Radioisotope Gamma-ray Sources.* «Informe CEA-R-3369», 1968.

Estudia de una manera teórica y experimental el análisis de elementos de número atómico elevado por fluorescencia, utilizando fuentes de rayos γ para la excitación y de rayo XK característicos para la medida. Se considera la elección de la energía apropiada de los rayos γ siguiendo las condiciones experimentales. Se estudia la utilidad de emplear rayos γ retrodifundidos para corregir los efectos de la matriz τ y la dimensión de los granos.

Utiliza para la excitación las fuentes de ^{153}Gd , de ^{57}Co y de ^{137}Cs de geometría colimada.

Considera las medidas de la concentración de volframio en el acero, del volframio y del plomo en soluciones acuosas y del Pbs en las mezclas de polvo $\text{SiO}_2\text{-PbS}$, así como la evaluación del espesor de las capas de otro sobre el cobre. Se obtiene una presión alrededor de 0,2 por 100 (en absoluto)

para la determinación del plomo en las matrices ligeras.

Propone un modelo de sonda para la determinación del plomo en solución acuosa.—L. DE A.

R. CAPITINI, M. CECCALDI y J. P. LECNAM: *Contribución al análisis isotópico en serie del uranio 235 de emisión. Interferometría con lámparas de descarga sin electrodos.* «Rapport CEA-R-3457», 1968, 68 págs.

Los autores utilizan un aparato interferométrico «HY-PEAC» para la valoración habitual del uranio 235. Para facilitar el examen de las muestras no metálicas y reducir la duración de los análisis, han sustituido las lámparas de descargas sin electrodo por las fuentes de luz y cátodo hueco utilizadas habitualmente. Describe la preparación, fuera del aparato, de tales lámparas conteniendo tetacloruro de uranio; ello es bastante rápido, de una hora y media alrededor para cada una, varias fuentes pueden ser fabricadas simultáneamente, lo que reduce todavía la duración total de cada análisis. Cada determinación no necesita nada más que algunos miligramos de muestra.

Para paliar los efectos de los desajustes ópticos espontáneos que impiden aplicar el método de determinación habitual de abundancias isotópicas, se comparan los espectros de las muestras a los de los patrones; todos estos espectros son registrados sucesiva y alternativamente.

Presentan y discuten ejemplos de determinaciones superior en número a 150 medidas. Con estas muestras, donde las leyes son superiores a las del uranio natural y hasta 5 por 100 alrededor en isótopos 235, la fidelidad de las medidas es cercana al 2 por 100, la precisión relativa es de ± 2 a 3 por 100; para estas muestras enriquecidas en uranio 235 (5 a 98 por 100), la precisión relativa alcanza $\pm 0,5$ por 100.

R. SCHOTT, G. FROMENT, J. PINSON y C. GENTY: *Valoración del tritio por contador.* «Rapport CEA-R-3348», 1968, 30 págs.

La valoración del tritio con cámara de ionizaciones es una técnica sencilla, rápida y precisa para determinar la ley en tritio de una mezcla gaseosa cualquiera.

Prefieren los autores utilizar el método de determinación relativa con relación a un patrón. En el caso de una determinación absoluta, las constantes son conocidas con una importante incertidumbre.

La eficacia de la cámara fue estudiada en función de la variación de la presión del argón en el interior de la cámara y del volumen total de este último.

El calibrado se revela lineal en el campo de las medidas que interesan de 1 a 80 milicurios.

La fidelidad del método es muy buena, el coeficiente de variación para una serie de 13 ensayos es del 1,6 por 100, y en cuanto a la precisión relativa ha sido evaluada en el 3 por 100.

Dan una descripción detallada de los aparatos utilizados y de la técnica seguida.—L.

L. CHAUSSY y R. BOYER: *Análisis isotópico de hexafluoruro de uranio, enriquecido considerablemente en uranio 235.* «Rapport CEA-R-3337», 1968.

El análisis isotópico del uranio en la forma de hexafluoruro por espectrometría de masas, da resultados llenos de inexactitudes.

Un método de interpolación lineal entre dos patrones, permite corregir esta inexactitud, cuando las concentraciones isotópicas son inferiores al 10 por 100 aproximadamente en un 235. Por encima de este valor, la fórmula de interpolación subestima los resultados, especialmente si el enriquecimiento de la muestra analizada con relación a los patrones es superior a 1,3.

Se propone una fórmula de corrección en la ecuación de interpolación que extiende su dominio de aplicación hasta los valores elevados de enriquecimientos (≈ 2) y de concentración.

Muestran experimentalmente que con esta corrección, los resultados alcanzan la precisión de las medidas, una exactitud que sólo depende previamente de las de los patrones.—L.

QUIMICA

A. SAAS, C. GENEVEY y A. GRAUBY: *Méthodes d'extraction et de dosage du strontium dans les sols.* «Bibliografía CEA-BIB-80», 1968.

Los autores efectúan en el artículo una revista sistemática de los métodos de extracción, separación y valoración del estroncio. En lo que se refiere al estroncio en el suelo, se reconsideran las medidas para el suelo calcáreo. Destacan principalmente la obtención y la separación por tres métodos nuevos, que son:

Una separación del calcio y del estroncio por cromatografía sobre papel con ayuda del etanol y del nitrato de amonio, con revelación por rodizonato de sodio.

Una separación electroforética estroncio-itrinio del suelo con la ayuda de una extracción con ácidos fúlvicos, efectuando la valoración por autoradiografía.

Un método de precipitación selectiva del estroncio con la ayuda del glicocolo en la forma de sulfato.—L. DE A.

A. GUILLON y M. LEBRUN: *Application de l'analyse par spectrometrie du rayonnement de fluorescence X. Dosage de P-W-Zr dans les Phosphotungstate, Tungstate de Zirconium, Phosphate de Zirconium, leurs melanges et leurs Produits de Degradation.* «Informe CEA-R-3474», 1968.

Los métodos químicos que permiten la valoración precisa de los constituyentes de muestras sólidas conteniendo esencialmente P, Zr, W, necesitan la separación previa de los elementos, operación relativamente larga y delicada, y se presta mal al análisis de series importantes.

En este caso, la utilización de la técnica de fluorescente X sólo presenta ventajas. El método utilizado es el de perlas de bórax. La fusión amortigua los efectos de heterogeneidad, tales como el tallado, la porosidad y la composición de los granos. Los efectos interelementales se evidencian en este trabajo, y estudia y permite su corrección.—
L. DE A.

RADIOACTIVIDAD

D. CANCIO, L. FOULQUIER y A. GRAUBY: *Modalités de la contamination d'un bivalve d'eau douce par le radiostrontium et de sa décontamination—Anodonta Cygnea (L)—*, Informe CEA-R-3421, 1968, 42 págs.

Los autores dan informaciones generales referentes a las características ecológicas del *Anodonta Cygnea*, muy extendida en la cuenca del Ródano. Indican las condiciones experimentales que han permitido seguir la evolución de la actividad de los animales.

De una manera general, la cantidad de radioestrónco fijado por los organismos es débil con relación a la actividad introducida (2 a 9 por 100). Se obtiene un estado de «equilibrio» alrededor de 35 días; la concha, por los mecanismos de absorción, puede retener más del 50 por 100 de la actividad del animal; la capacidad de fijación en las branquias es considerablemente superior a la de otros órganos. El factor de concentración está situado alrededor de 9 para el animal total, de 4 para la concha, y de 78 para el conjunto de las partes blandas.

La presencia o la carencia de sedimentos no cambia en nada el proceso y la capacidad de fijación de los organismos.

La ausencia de luz conduce a un factor bajo de concen-

tración debido, aparentemente, a la reducción de la contaminación por el intermediario de los microorganismos.

La descontaminación no puede representarse por una función simple; una pérdida rápida de la actividad ($T_{1/2} \approx 8$ días) es seguida de un período de descontaminación inferior ($T_{1/3} \approx 2$ días).

Cualquiera que sea el tipo del experimento, la distribución de la actividad en el organismo es parecido. La concha representa alrededor del 45 por 100 de la actividad total del animal, las partes blandas el 40 por 100, y los líquidos internos el 15 por 100.—L.

SIDERURGIA

FÉLIX ARANGUREN, JUAN M. KINDELÁN, JOSÉ LUIS FERNÁNDEZ, MIGUEL ANGEL ARTAZCOZ y EDUARDO ARANGUREN: *Consideraciones sobre diversos aspectos fundamentales del desarrollo de la siderurgia española*. Editado por la Asociación de Ingenieros de Minas, Madrid 1968, 40 páginas.

Como lo indica su título, se ocupan los autores en este trabajo, del estudio de las facetas más importantes que pueden influir en el desarrollo de la siderurgia nacional y de las posibles soluciones encaminadas a un plan siderúrgico nacional.

Comienza con una nota de los autores, donde destacan que en el momento de la publicación, continúa la validez de las afirmaciones sostenidas cuando se terminó el informe en febrero de 1967.

Destacan el objeto del estudio, que lo dividen en dos partes: La primera parte se refiere al estudio de las necesidades de arrabio, minerales, chatarra y cok, para la consecución del plan siderúrgico nacional.

La segunda parte trata de las consideraciones sobre la elección del emplazamiento de la cuarta siderúrgica integral.

La obra está enriquecida con 39 cuadros estadísticos.—
L. DE A.

Sección informativa de revistas

Mapas italianos

CARTA GEOLÓGICA D'ITALIA. 1:100.000. Publ. por el Servizio Geológico d'Italia. Roma.
Hoja núm. 14 a. Tarvisio.
Hoja núm. 43. Biella.
Hoja núm. 44. Novara.
Hoja núm. 46. Treviglio.
Hoja núm. 47. Brescia.

Hoja núm. 49. Verona (con memoria).
Hoja núm. 60. Piacenza.
Hoja núm. 101. Rímíni.
Hoja núm. 110. Senigallia.
Hoja núm. 117. Jesi.
Hoja núm. 121. Montepulciano.
Hoja núm. 129. S. Fiora.
Hoja núm. 150. Roma.
Hoja núm. 159. Frosinone.

Hoja núm. 160. Cassino.
Hoja núm. 172. Caserta.
Hoja núm. 177. Bari.
Hoja núm. 183-184. Isola d'Ischia. Napoli (con calco estructural-morfológico).
Hoja núm. 188. Gravina in Puglia.
Hoja núm. 189. Altamura.
Hoja núm. 195. Orosei.

Memoria núm. 43. Biella.
Memoria núm. 59. Pavia.
Memoria núm. 73. Parma.
Memoria núm. 74. Reggio nell'Emilia.
Memoria núm. 86. Módena.
Memoria núm. 87. Bologna.
Memoria núm. 106. Firenze.
Memoria núm. 1118. Castelfiorentino.
Memoria núm. 114. Arezzo.
Memoria núm. 120. Siena.
Memoria núm. 129. S. Fiora.
Memoria núm. 135. Orbetello.
Memoria núm. 149. Cerveteri.
Memoria núm. 159 y 160. Frosinone e Cassino.
Memoria núm. 177 y 178. Bari e Mola di Bari.

Mapas portugueses

CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL. 1:50.000. Publ. por la Dirección General de Minas y Servicios Geológicos, Lisboa.
Hoja núm. 17-D. Gouveia.
Hoja núm. 18-D. Nave de Haver.
Hoja núm. 24-D. Castelo Branco.
Hoja núm. 22-B. Vieira de Leiria.
Hoja núm. 30-B. Bombarral.

Mapas suecos

MAPAS GEOLÓGICO-MINERO DE SUECIA. 1:50.000. Publ. por el Sveriges Geologiska Undersökning, Estocolmo.
Serie Af, núm. 1-4. Kiruna NV, NO, SV, SO. (con memoria).

Mapas suizos

Hantke: Mapa geológico del cantón de Zürich y sus regiones vecinas. 1:50.000 (2. hojas).
Publicados por el Geologischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule y la Universidad de Zürich.

Mapas canadienses

MAPAS MINEROS DEL CANADÁ. 1:7.603.200. Publ. por el Geological Survey of Canada, Ottawa.
Map 900 A; Principales áreas minerales de Canadá. 7.ª ed., 1967.

SERIES PRELIMINARES. MAPA II-1967. Publ. por el Geological Survey of Canada, Ottawa.
Núm. 324, parte Oeste. Lebel, Gauthier, Boston and McElroy townships. Ontario.

Mapas estadounidenses

GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS. Publ. por the U. S. Geological Survey, Washington, D. C.
Map GP-607, 1967.
Aeromagnetic map of the Crystal Falls quadrangle and part of the Florence quadrangle, Iron county, Michigan.
Map GP-608, 1967.
Aeromagnetic map of the Keweenaw Bay area, Michigan.
Map GP-609, 1967.
Aeromagnetic map of the Ned Lake quadrangle and part of the Witch Lake quadrangle, Iron, Baraga, and Marquette counties, Michigan.
Map GP-610, 1967.
Aeromagnetic map of parts of the Ralph and Norway quadrangles, Dickinson county, Michigan.
Map GP-611, 1967.
Aeromagnetic map of the Sagola quadrangle and part of the Iron Mountain quadrangle, Dickinson, Iron, and Marquette Counties, Michigan.
Map GP-612, 1967.
R. W. Bromery: Simple Bouguer gravity map of Massachusetts.

BASEMENT MAP OF NORTH AMERICA (Between latitudes 24° and 60° N). Esc. 1:5.000.000. Publ. por el Geological Survey, Washington.

BASE MAP SCALE 1:500.000. Publ. por el Geological Survey, Washington.
Estado de Montana, parte Este.
Estado de Montana, parte Oeste.
Estado de Georgia.

Mapas africanos

CARTE DES GITES MINÉRAUX DE LA REPUBLIQUE DU SENEGAL. 1:500.000. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París (compuesto por cuatro hojas).

AFRICA OCCIDENTAL. MAPA GEOLÓGICO. 1:2.000.000. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París, 1960.

Repúblicas de Costa de Marfil, Dahomey, Guinea, Alto Volta, Malí, Mauritania, Níger, Senegal y Togo.
Hoja núm. 1. Guinea-Costa de Marfil.
Hoja núm. 2. Costa de Marfil-Togo-Dahomey.
Hoja núm. 3. Leyenda.
Hoja núm. 5. Malí-Alto Volta-Níger.

Hoja núm. 4. Senegal.
 Hoja núm. 6. Níger.
 Hoja núm. 7. Mauritania.
 Hoja núm. 8. Mauritania-Mali Norte.
 Hoja núm. 9. Níger Norte.

MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA CENTROAFRICANA. 1:1.500.000
 Publ. por el Bureau de Recherches Geologiques et Minières, 1964 (se compone de una sola hoja).

MAPA GEOLÓGICO DEL SAHARA. 1:500.000. Publ. por el Bureau de Recherches Minières de l'Algérie.
 Fort de Polignac-Fort Cardel.
 Amguid-Arak.
 Tazrouk.
 Fort Charlet-In Ezzane.

CARTE DES GITES MINÉRAUX DE L'ALGERIE AU 1:500.000. Publicado por el Servicio Geológico de Argelia.
 Alger-Nord.

MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DE SUDÁFRICA. Publ. por el Geological Survey, República de Sudáfrica.
 Escala 1:125.000.
 Hojas 2820D-2821C. Keimoes-Louisvale.
 Escala. 1:250.000.
 Hoja núm. 2926. Bloemfontein.
 Hoja núm. 2626. Wes-Rand.

MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DE AFRICA SUDOCCIDENTAL. 1:125.000. Publ. por el Geological Survey, República de Sudáfrica y Africa Sudoccidental.
 Hojas 2215 A-2215 B. Ebony y Usakos.

Mapas árabes

MINERAL INVESTIGATIONS MAP. 1:100.000 Publ. por la Dirección General de Recursos Minerales, Jeddah, Arabia Saudi.
 MI-10.
 R. F. Johnson y V. A. Trent: *Mineral reconnaissance of the Al Jizl quadrangle, Northwest Hijaz.*

MI-11.
 R. F. Johnson y V. A. Trent: *Mineral reconnaissance of the As Sawrah quadrangle.*

MI-12.
 V. A. Trent y R. F. Johnson: *Reconnaissance mineral and geologic investigation in the Haql quadrangle, Aqaba area*

MI-13.

V. A. Trent y R. F. Johnson: *Reconnaissance investigations in the Jabal Al Lawz quadrangle, Aqaba area.*

Mapas australianos

GEOLOGICAL MAP OF WESTERN AUSTRALIA, 1:250.000. Publ. por el Geological Survey of Western Australia.

GEOLOGICAL SERIES 1:250.000. Publ. por el Geological Survey of Western Australia.
 Hoja SF/50-12. Roy Hill.
 Hoja SH/51-14. Widgiemooltha.
 Hoja SF/50-16. Newman.

TRABAJOS DE PROXIMA APARICION EN EL «BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO»

C. GAIBAR-PUERTAS y OTTO GEYER.—*Estratigrafía, edad y espesor, atribuibles al Liásico manchego y sus relaciones con algunos sectores de la Cordillera Ibérica.*

F. FERNEX, J. MAGNE y D. MONGIN.—*Essai sur le paléogeographie des Cordillères Bétiques (Espagne méridionale).*

J. SIERRA LÓPEZ y A. DE VERGARA SCHULZE.—*La' sustitución de siegenita por pellantita.*

PIERRE CHAUVE.—*Les rapports du Subbétique et du Penibétique dans la Serranía de Grazalema.*

P. ARÉVALO y M. CORLETT.—*Estudio del feldespato potásico de Zarzalco (El Escorial, Madrid) por medio de la microsonda.*

F. MEDINA VALDERRAMA.—*Contribución al conocimiento petrológico de Galicia.*

P. SALVADOR.—*Determinación por difracción de rayos X de las distintas fases del sistema sulfato-calcio-H₂O.*

J. PÉREZ REGODÓN.—*Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres.*

J. R. PARGA.—*Consideraciones paleogeográficas del Cámbrico y Ordovícico de Asturias y norte de León.*

A. ERASO ROMERO.—*Mecanismo sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica.*

J. M. LÓPEZ DE AZCONA.—*Aportación a la cateadura biogeoquímica por medio de pinos.*

L. G. CORRETEGÉ CASTANÓN.—*El complejo ortoneísico de Pola de Allende (Asturias).*

INDICE DE MATERIAS

Páginas

Geología

Algunas precisiones sobre la litoestratigrafía, el espesor y la edad atribuibles al Mesozoico que, apoyado sobre el Keuper y constituyendo el yacente de las capas de Utrillas, afiora en la Hoja núm. 661. (Villarejo de Fuentes, Cuenca), por C. Gaibar-Puertas.	1
Nuevos datos sobre la estratigrafía y tectónica del borde NO. de la cuenca carbonífera central, por J. Pello Muñiz	115
Nueva interpretación tectónica de la zona septentrional de la provincia de Guipúzcoa, por L. Jerez Mir	130
Estructuras de lavas almohadilladas en los basaltos de la provincia de Guipúzcoa. Precisiones acerca de la edad de las erupciones, por L. Jerez Mir	135
Aportación al conocimiento de la historia geológica y tectónica de las Baleares, por B. Escandell	237
Los nuevos yacimientos de mamíferos del Eoceno español, por M. Crusafont Pairó y J. M. ^a Golpe Posse... ..	341
<i>Dissacus progressus</i> , nova sp., el primer Creodonto de España, por M. Crusafont Pairó y J. M. ^a Golpe Posse... ..	354
El Precámbrico del Sahara español y sus relaciones con las series sedimentarias más modernas, por A. Arribas... ..	445
Consideraciones taxonómicas sobre las acritarcas del Silúrico Medio y Superior del N. de España. Las acritarcas acantomorfiticas, por F. H. Cramer	541

Minería

Desfosforación de minerales de hierro, por R. de la Riva del Brío.	17
Estudio de concentración de los minerales de hierro de Suroeste de España. Zona de Jerez de los Caballeros (Badajoz). Mina «Bernardo de Hoyos», por J. M. Fernández Becerril... ..	138
Aportación al conocimiento geológico-minero de la Sierra de Gador en las proximidades de Berja (Almería), por A. Quesada García y J. A. Espejo Molina... ..	143
Estudio de concentración de los minerales de hierro de Suroeste de España. Zona de Jerez de los Caballeros (Badajoz). Mina «San Guillermo», por J. M. ^a Fernández Becerril	273
Garantía de precisión en los clasificadores de minerales, por A. Semelas Arroyo y J. L. Ledesma Zuloaga	280
Contribución al estudio de los yacimientos de hierro del Suroeste de España. (Parte I), por F. Vázquez Guzmán	358
Nuevas reservas de pórfidos cobrizos en Río Tinto, por F. Rambaud y F. Sobol	481
Investigación de primeras materias para la fabricación de cemento en la isla de Fuerteventura, por A. Gálvez-Cañero y L. Llorente.	575

	Páginas
<i>Agguas subterráneas</i>	
Plan hidrogeológico de León, por <i>J. Ricart</i>	21
Mapa pluviométrico de la isla de Gran Canaria, por <i>E. Fernández González</i>	159
Investigaciones hidrológicas en la cuenca del Guadalquivir. Nota informativa sobre un sondeo en Las Marismas, por <i>C. Ruiz Celáa</i>	286
<i>Energía</i>	
Combustibles nucleares, por <i>J. Suárez Feito</i>	26
Límites de rentabilidad en la explotación de hidrocarburos, por <i>E. Dupuy de Lôme y J. E. Coma Guillén</i>	165
El problema de la elección de combustible para la producción eléctrica, por <i>R. Centeno González</i>	290
Exploración de hidrocarburos en la Península: Determinación del esfuerzo a realizar, por <i>E. Dupuy de Lôme y J. E. Coma Guillén</i> .	578
<i>Geobiología, Geofísica, Geonucleónica y Geoquímica</i>	
Efecto del pH y de soluciones salinas sobre cristalizaciones orientadas, por <i>M. Morante, F. Arrese y J. Rodríguez</i>	84
Investigación hidrogeológica por el método eléctrico en Baza (Granada), por <i>F. Esteban Santisteban</i>	189
Utilización de la microsonda electrónica en la investigación geológica, por <i>J. López Ruiz</i>	302
Investigación hidrogeológica por el método eléctrico en Chipiona y Jerez de la Frontera (Cádiz), por <i>F. Esteban Santisteban</i> ...	380
Geotermometría de blendas en las manifestaciones metálicas de las Hojas 484 y 509 (prov. de Madrid), por <i>C. Canepa y P. Salvador Salvador</i>	488
Investigación hidrogeológica por el método gravimétrico en la zona de Inca (Mallorca), por <i>J. Cantos Figuerola</i>	597
<i>Estudios de minerales y rocas</i>	
Estudio petrológico de las tobas dacíticas-riolíticas de Las Negras (Almería), por <i>V. Sánchez Cela</i>	87
Técnica seguida en la toma de muestras para la formación de una colección monográfica sobre la cuenca potásica catalana, por <i>J. Montoriol-Pous</i>	196
Sobre algunas lavas y el desarrollo magmático del Vesubio desde la erupción de 1631, por <i>C. Burri y P. Arévalo</i>	308
Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas), por <i>E. Puga, J. M. Fontboté y J. L. Martín Vivaldi</i>	388
El filón de Navarredonda (Ávila). Caracteres petrográficos, mineralógicos y metalogénicos, por <i>M. Martín Calvo</i>	407
Medidas de precisión de los parámetros de una red cristalina, por <i>P. Salvador Salvador</i>	492
Contribución al estudio de los yacimientos de hierro del Suroeste de España. (Parte II), por <i>F. Vázquez Guzmán</i>	498
Las bentonitas de Cabo de Gata: I. Yacimientos de Los Trancos y Majada de las Vacas, por <i>J. L. Martín Vivaldi y J. Linares González</i>	513
Las bentonitas de Cabo de Gata: II. Yacimiento de Palma del Muerto, por <i>J. L. Martín Vivaldi y J. Linares González</i>	605

INDICE DE AUTORES

	Páginas
ARÉVALO, P. y BURRI, C.: Sobre algunas lavas y el desarrollo magmático del Vesubio desde la erupción de 1631	308
ARRESE, F., MORANTE, M. y RODRÍGUEZ, J.: Efecto del pH y de disoluciones salinas sobre cristalizaciones orientadas	84
ARRIBAS, A.: El Precámbrico del Sahara español y sus relaciones con las series sedimentarias más modernas	445
BURRI, C. y ARÉVALO, P.: Sobre algunas lavas y el desarrollo magmático del Vesubio desde la erupción de 1631	308
CANEPA, C. y SALVADOR, P.: Geotermometría de blendas en las manifestaciones metálicas de las Hojas 484 y 509 (prov. de Madrid).	488
CANTOS FIGUEROLA, J.: Investigación hidrogeológica por el método gravimétrico en la zona de Inca (Mallorca)	597
CENTENO GONZÁLEZ, R.: El problema de la elección de combustible para la producción de energía eléctrica	290
CRAMER, F. H.: Consideraciones taxonómicas sobre las acritarcas del Silúrico Medio y Superior del N. de España. Las acritarcas acotomorfíticas	541
COMA GUILLÉN, J. E. y DUPUY DE LÔME, E.: Límites de rentabilidad en la explotación de hidrocarburos	165
COMA GUILLÉN, J. E. y DUPUY DE LÔME, E.: Exploración de hidrocarburos en la Península. Determinación del esfuerzo a realizar.	165
CRUSAFONT PAIRÓ, M. y GOLPE POSSE, J. M.ª: Los nuevos yacimientos de mamíferos del Eoceno español	341
CRUSAFONT PAIRÓ, M. y GOLPE POSSE, J. M.ª: <i>Dissacus progressus</i> , nova sp., el primer Creodonto de España	354
DUPUY DE LÔME, E. y COMA GUILLÉN, J. E.: Límites de rentabilidad en la explotación de hidrocarburos... ..	165
DUPUY DE LÔME, E. y COMA GUILLÉN, J. E.: Exploración de hidrocarburos en la Península. Determinación del esfuerzo a realizar.	165
ESCANDELL, B.: Aportación al conocimiento de la historia geológica y tectónica de las Baleares	237
ESPEJO MOLINA, J. A. y QUESADA GARCÍA, A.: Aportación al conocimiento geológico-minero de la Sierra de Gador en las proximidades de Berja (Almería)	143
ESTEBAN SANTISTEBAN, F.: Investigación hidrogeológica por el método eléctrico en Baza (Granada)	189
ESTEBAN SANTISTEBAN, F.: Investigación hidrogeológica por el método eléctrico en Chipiona y Jerez de la Frontera (Cádiz)	380
FERNÁNDEZ BECERRIL, J. M.ª: Estudio de concentración de los minerales de hierro del Suroeste de España. Zona de Jerez de los Caballeros (Badajoz). Mina «San Guillermo»	273
FERNÁNDEZ BECERRIL, J. M.: Estudio de concentración de los mi-	

	Páginas
nerales de hierro del Suroeste de España. Zona de Jerez de los Caballeros (Badajoz). Mina «Bernardo de Hoyos»... ..	138
FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, E.: Mapa pluviométrico de la isla de Gran Canaria	159
FONTBOTÉ, J. M., MARTÍN VIVALDI, J. L. y PUGA, E.: Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)	388
GAIBAR-PUERTAS, C.: Algunas precisiones sobre la litoestratigrafía, el espesor y la edad atribuibles al Mesozoico que, apoyado sobre el Keuper y constituyendo el yacente de las capas de Utrillas, aflora en la Hoja núm. 661 (Villarejo de Fuentes, Cuenca). ..	1
GÁLVEZ-CAÑERO, A. y LLORENTE, L.: Investigación de primeras materias para la fabricación de cemento en la isla de Fuerteventura. ..	575
GOLPE POSSE, J. M. ^a y CRUSAFONT PAIRÓ, M.: Los nuevos yacimientos de mamíferos del Eoceno español	341
GOLPE POSSE, J. M. ^a y CRUSAFONT PAIRÓ, M.: <i>Dissacus progressus</i> , nova sp., el primer Creodonto de España	354
JEREZ MIR, L.: Nueva interpretación tectónica de la zona septentrional de la provincia de Guipúzcoa	130
JEREZ MIR, L.: Estructuras de lavas almohadilladas en los basaltos de la provincia de Guipúzcoa. Precisiones acerca de la edad de las erupciones	135
LEDESMA ZULOAGA, J. L. y SEMELAS ARROYO, A.: Garantía de precisión en los clasificadores minerales	280
LINARES GONZÁLEZ, J. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Las bentonitas de Cabo de Gata: I. Yacimientos de Los Trancos y Majada de Las Vacas	513
LINARES GONZÁLEZ, J. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Las bentonitas de Cabo de Gata: II. Yacimiento de Palma del Muerto	605
LÓPEZ RUIZ, J.: Utilización de la microsonda electrónica en la investigación geológica	302
LLORENTE, L. y GÁLVEZ-CAÑERO, A.: Investigación de primeras materias para la fabricación de cemento en la isla de Fuerteventura. ..	575
MARTÍN CALVO, M.: El filón de Navarredonda (Ávila). Caracteres petrográficos, mineralógicos y metalogénicos	407
MARTÍN VIVALDI, J. L., FONTBOTÉ, J. M. y PUGA, E.: Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)	388
MARTÍN VIVALDI, J. L. y LINARES GONZÁLEZ, J.: Las bentonitas de Cabo de Gata: I. Yacimientos de Los Trancos y Majada de Las Vacas	513
MARTÍN VIVALDI, J. L. y LINARES GONZÁLEZ, J.: Las bentonitas de Cabo de Gata: II. Yacimiento de Palma del Muerto	605
MONTORIOL-POUS, J.: Técnica seguida en la toma de muestras para la formación de una colección monográfica sobre la cuenca potásica catalana	196
MORANTE, M., ARRESE, F. y RODRÍGUEZ, J.: Efecto del pH y de disoluciones salinas sobre cristalizaciones orientadas	84
PELLO MUÑIZ, J.: Nuevos datos sobre la estratigrafía y tectónica del borde NO. de la cuenca carbonífera central	115
PUGA, E., FONTBOTÉ, J. M. y MARTÍN VIVALDI, J. L.: Caracterización petrológica del Tramo de la Caldera en la serie de Sierra Nevada (Cordilleras Béticas)	388

	Páginas
QUESADA GARCÍA, A. y ESPEJO MOLINA, J. A.: Aportación al conocimiento geológico-minero de la Sierra de Gador en las proximidades de Berja (Almería)	143
RAMBAUD, F. y SOBOL, F.: Nuevas reservas de pórfidos cobrizos en Río Tinto	481
RICART, J.: Flan hidrogeológico de León	21
RIVA DEL BRÍO, R. DE LA: Desfosforación de minerales de hierro. ..	17
RODRÍGUEZ, J., ARRESE, F. y MORANTE, M.: Efecto del pH y de disoluciones salinas sobre cristalizaciones orientadas	84
RUIZ CELÁA, C.: Investigaciones hidrológicas en la cuenca del Guadalquivir. Nota informativa sobre un sondeo en Las Marismas	286
SALVADOR SALVADOR, P.: Medidas de precisión de los parámetros de una red cristalina	493
SALVADOR SALVADOR, P. y CANEPA, C.: Geotermometría de blendas en las manifestaciones metálicas de las Hojas 484 y 509 (provincia de Madrid)	488
SÁNCHEZ CELA, V.: Estudio petrológico de las tobas dacíticas-riolíticas de Las Negras (Almería)	87
SEMELAS ARROYO, A. y LEDESMA ZULOAGA, J. L.: Garantía de precisión en los clasificadores minerales	280
SUÁREZ FEITO, J.: Combustibles nucleares	26
SOBOL, F. y RAMBAUD, F.: Nuevas reservas de pórfidos cobrizos en Río Tinto	481
VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: Contribución al estudio de los yacimientos de hierro del Suroeste de España. (Parte I)	358
VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: Contribución al estudio de los yacimientos de hierro de Suroeste de España. (Parte II)	498

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica será reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna),

170 mm. (doble columna), 230 mm. (página) y 380 mm. (doble página). Las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original.

Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen en ellas las correcciones de carácter gramatical, así como los errores de imprenta, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

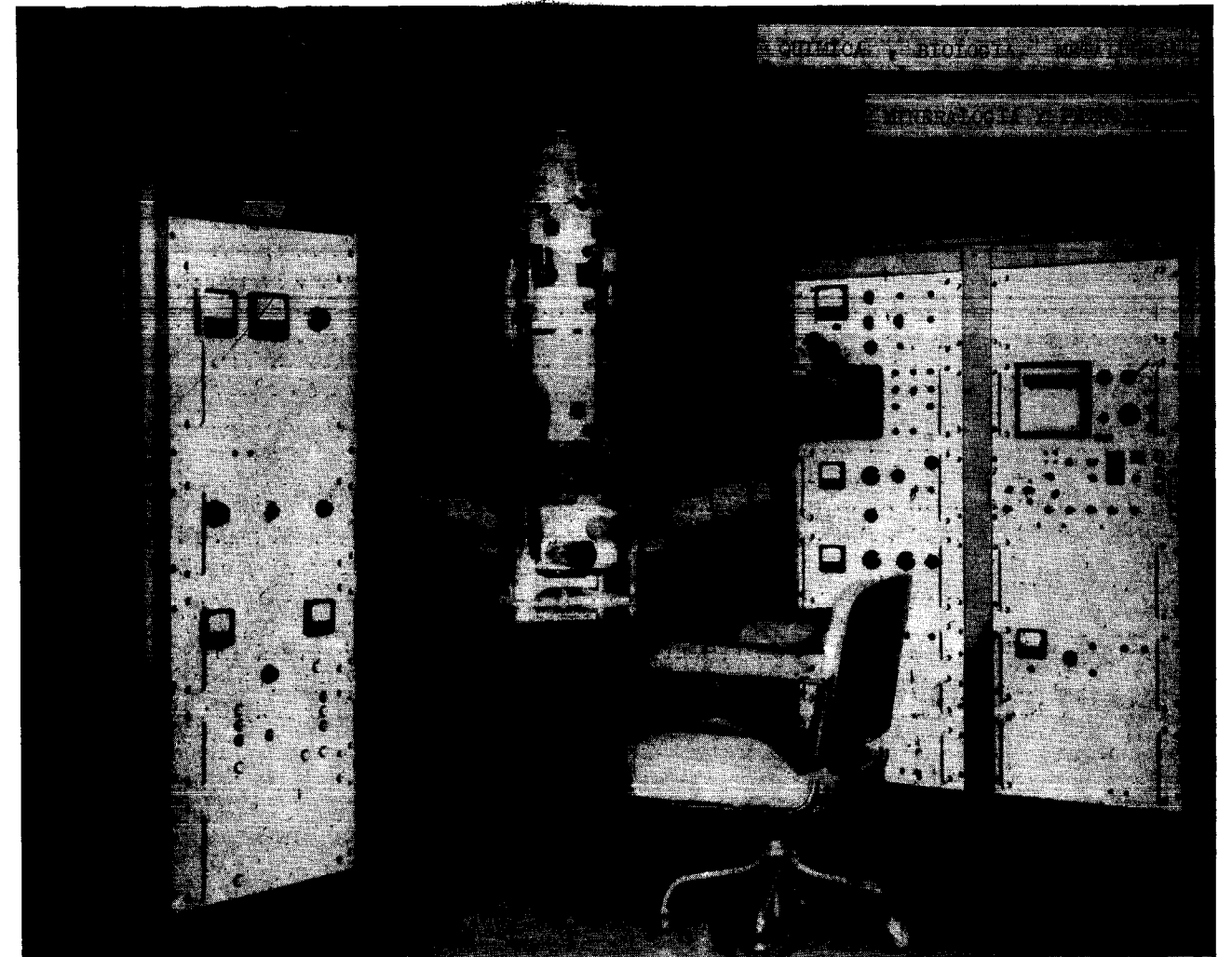
La Redacción efectuará la corrección de unas segundas pruebas, que servirán para comprobar que se han cumplido las correcciones efectuadas por el autor en las primeras.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

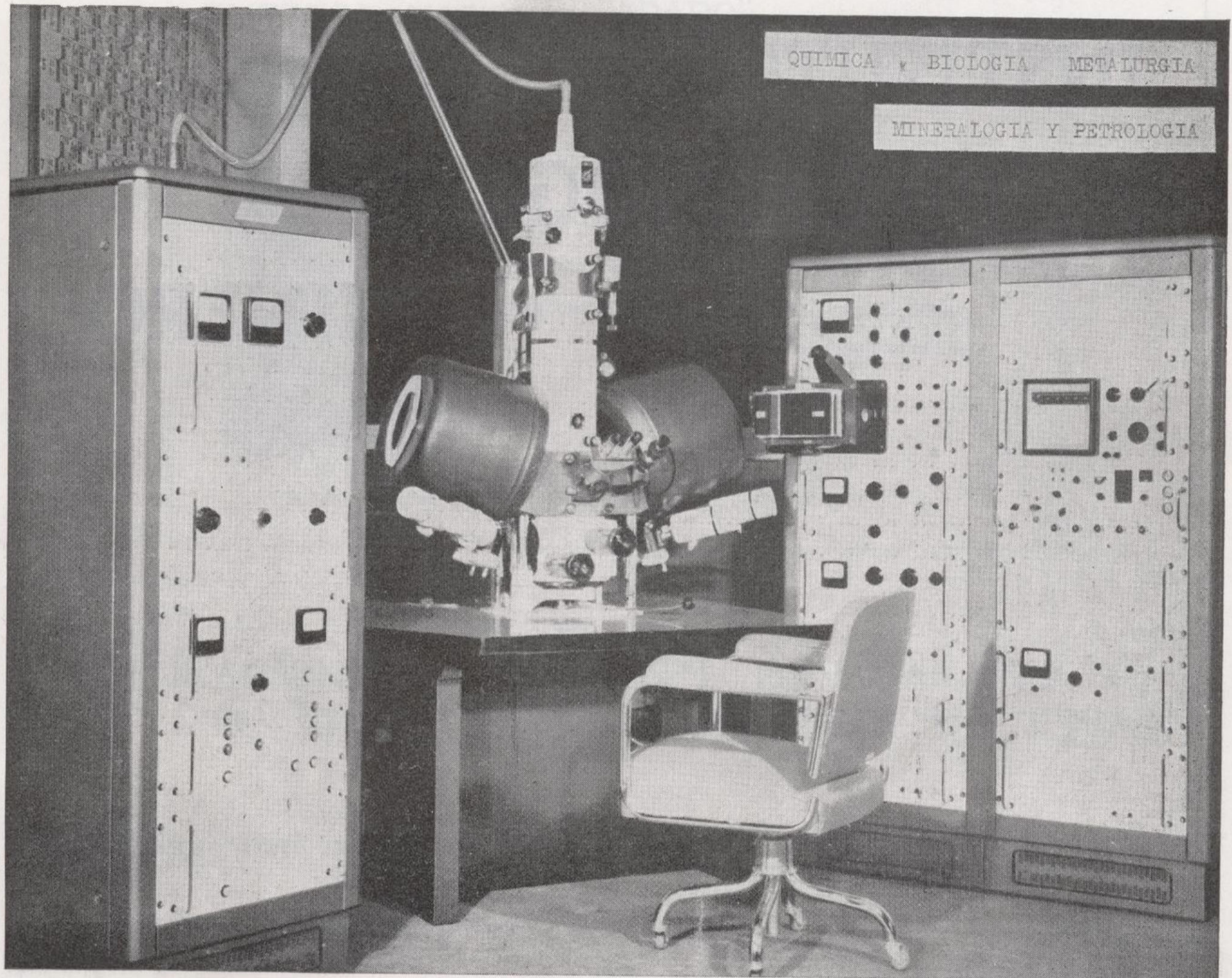
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3