

# 16-3-11

AÑO 1964

III TRIMESTRE

NUM. 75

NOTAS Y COMUNICACIONES  
DEL  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

19 OCT. 1964



# LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En el reciente desarrollo industrial español, tanto al productor de primeras materias, como al transformador y al utilizador de las mismas, se le plantean continuamente problemas en relación con la elección y utilización de los minerales y productos mineralúrgicos y metalúrgicos más adecuados para los fines que desea.

Los laboratorios del Instituto, con más de cien años de experiencia, ayudan a resolver cuantos problemas de minerales, productos metalúrgicos, materiales de construcción, combustibles, etc., se le presenten.

Los laboratorios en funcionamiento del Instituto Geológico y Minero de España, son los siguientes:

AGUAS SUBTERRANEAS	ANALISIS QUIMICO
COMBUSTIBLES Y TIERRAS CO- LOIDALES	DIFRACCION DE RAYOS X
ESPECTROQUIMICA	SEMICONDUCTORES
RADIOACTIVIDAD Y GEONU- CLEONICA	MACROPALEONTOLOGIA
METALOGENIA	MICROPALEONTOLOGIA
PETROLOGIA Y MICROSCOPIA	FOTOGEOLOGIA
PREPARACION MECANICA	MINERALOGIA
	FOTOGRAFIA TECNICA

Los asuntos relacionados con ellos, se pueden tratar directamente en la Sección de laboratorios del Instituto o por correspondencia.



Ríos Rosas, 23

MADRID - 3

Tel. 253 46 05

GEOLOGIA Y FOTOGRAFIA AEREA, S. A.

# G E O F A S A

## ESTUDIOS GEOLOGICOS

**Hidrología.**- Estudios sobre aguas. Cuencas hidrográficas. Drenaje. Presas. Diques. Regadíos. Acarreos subterráneos. Estudios geofísicos. Sondeos. -

**Ingeniería Civil.**- Terrenos en general. Estudios sobre la superficie y el subsuelo. Presas, túneles y puertos. Depósitos subterráneos. Materiales de construcción. Accesos. Oleoductos.

**Comunicaciones.**- Caminos, Carreteras y Ferrocarriles. Aeropuertos. Canales.

**Minería.**- Criaderos minerales. Investigación y puesta en funcionamiento de los mismos. Organización y puesta a punto de diferentes tipos de Laboreo de Minas. Estudios de Geología de Petróleo. Gas natural. Productos químicos. Canteras. Materiales de construcción.

**Geología en general.**- Mapas geológicos. Tectónica. Estratigrafía.

## ESTUDIOS FOTOGRAFICOS

Para sus actividades de ingeniería, geología, arqueología, hidrología, minería, agricultura, etc.:

- Trabajos fotográficos informativos.
- Vuelos fotogramétricos.
- Mosaicos y Fotoplanos.

## ESTUDIOS FOTOGRAMETRICOS

Levantamiento de planos a diferentes escalas en planimetría y altimetría, por medio de fotografía aérea y terrestre.

Trabajos especiales para la redacción de proyectos con registro en cinta perforada.

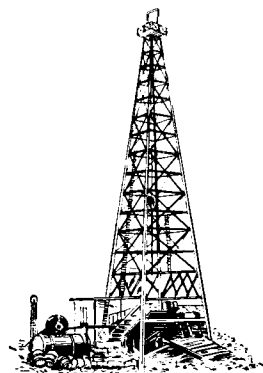
Cea Bermúdez, 14 - 5.º

MADRID - 3



EMPRESA NACIONAL "ADARO"

DE INVESTIGACIONES MINERAS, S.A.



INVESTIGACION DE CRIADEROS MINERALES

SONDEOS HASTA DE 4 500 METROS DE PROFUNDIDAD

ANALISIS DE MUESTRAS DE ROCAS Y MINERALES, PETROLEOS,  
GASES Y CEMENTOS.

ESTUDIOS PETROGRAFICOS METALOGENICOS Y DE MICROFAUNAS.

DOMICILIO SOCIAL— SERRANO N° 116 MADRID 101. TELEFONO 276 37 04

OFICINAS Y LABORATORIOS— K. 12 CARRETERA DE ANDALUCIA. TELEFONOS 237 17 00-1-2

# NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

## INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



75

TERCER TRIMESTRE

DISPONIBLE

MADRID

1964

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

##### FARO CORRUBEDO (ROMPIENTE EN GRANITO)

Rompiante en las inmediaciones del Faro Corrubedo. El terreno es granito de dos micas de grano bastante fino, poco orientado, con diaclasas dominantes N. 150°, que aparecen muy marcadas en la foto. Este granito está atravesado por diques pegmatíticos de feldespato rosado, de los que se aprecia uno el trazo. Dirección N. 20°. Obtenida el 29 de agosto de 1961.

Puebla del Caramiñal (Coruña). Hoja 151-B-3

(Foto J. M. López Azcona)

Deposito Legal M. 1.882.-1958

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

R. H. WAGNER\*

## STEPHANIAN B FLORA FROM THE CIÑERA-MATALLANA COALFIELD (LEÓN) AND NEIGHBOURING OUTLIERS

### II. MIXONEURA, RETICULOPTERIS, LINOPTERIS AND ODONTOPTERIS

#### ABSTRACT

The systematic description of the Stephanian B impression flora from unconformable, post-Asturian strata in the Ciñera-Matallana coalfield and its outliers in northern León (Spain) is continued in this contribution. It provides descriptions and illustrations of *Mixoneura subraymondi* nov. sp., *Mixoneura matallanae* nov. sp., *Reticulopteris germani* (Giebel) Gothan, *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) H. Potonié, *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira and *Odontopteris brardi* Brongniart. The form genera involved are discussed.

#### SUMARIO

Continuamos la descripción sistemática de la flora estefaniense B de la cuenca minera de Ciñera-Matallana (León) y terrenos adyacentes por esta aportación que trata de los varios elementos hallados de las familias *Cyclopteridaceae*, *Rachivestitaceae* y *Odontopteridaceae*, siguiendo a la clasificación de P. Corsin (1960).

Después de una discusión del género de forma *Mixoneura* Weiss, describimos a la especie *Mixoneura subraymondi* nov. sp. Se trata de varios fragmentos de pinas del último orden, casi todos procedentes de una localidad única en el paquete inferior, que se explota por la mina «San Francisco» en la vecindad de Correcillas, en la parte más nor-oriental de la cuenca minera de Ciñera-Matallana (loc. 931). Llevan pinulas de aspecto intermedio entre *Neuropteris* y *Odontopteris*, ya que se presentan con la base solamente un poco encogida y los nervios laterales en parte derivados directamente del raquis soporte. La especie se caracteriza, sobre todo, por sus pinulas lineares o ligeramente convergentes hacia el ápice redondeado. Las pinulas relativamente pequeñas de esta especie pueden presentarse incluso de forma más o menos ovoide, haciéndose más bien lineal en cuanto se presentan algo más grandes. Aquellas pinulas relativamente grandes, sobre todo, vienen a parecerse a las de *Mixoneura raymondi* (Zeiller) nov. comb., de lo cual se conoce un solo ejemplar (holotipo) que,

(\*) Department of Geology, The University, St. George's Square, Sheffield 1, England.



probablemente, procede de una parte baja de la fronde (comparar la ilustración reciente de *Mixoneura raymondi* (Zeiller) in Doubinger, 1956, Pl. XII, fig. 3, Pl. XIII, fig. 1). Aunque la forma de las pínulas en ambas especies parece fundamentalmente la misma, resultan claramente distintas por la nerviación, que es más espaciada en *Mixoneura raymondi* (Zeiller) que en *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (respectivamente, unos 16 a 25 y 29 a 37 nervios por cada centímetro sobre los bordes de las pínulas).

De las escombreras de las minas «La Gamonera» y «El Oro», que explotaron el el mismo paquete de San José, obtuvimos numerosos ejemplares de una especie nueva del grupo de *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim) y de *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* de Maistre. Esta especie nueva, a la que llamamos *Mixoneura matallanae* nov. sp. por el pueblo del mismo nombre en la cuenca de Ciñera-Matallana, parece ser un precursor de *Odontopteris osmundaeformis*. Son fragmentos de pinas con pínulas de forma muy variada, lo cual depende de su posición dentro de la fronde, así como del grado de lobulación de los elementos del último orden. Esta variabilidad extiende de pínulas enteras, de forma aethopteroide, con una nerviación típicamente mixoneuroide, a pinas lobuladas del último orden con pínulas aún poco desarrolladas, con una nerviación odontopteroide (ver las láminas 11 a 16). Esta especie representa un caso en que la clasificación en géneros de forma por la morfología de las pínulas resulta poco apropiada, puesto que sería lícito atribuir las varias partes de la fronde a géneros distintos. Si referimos el conjunto a *Mixoneura* Weiss, es porque los trozos con pínulas de aspecto mixoneuroide parecen formar el término medio de las pínulas de esta fronde. Además, hacemos notar que *Mixoneura matallanae* nov. sp. puede compararse muy bien a varias especies que generalmente fueron atribuidas a *Mixoneura* o a *Odontopteris*, y las que parecen agruparse alrededor de *Odontopteris (Mixoneura) subcrenulata* (Rost), que es el tipo del género *Mixoneura* Weiss. Destacamos el hecho de que este grupo de especies, que están caracterizadas por una lobulación paulatina que llega a predominar en los elementos más avanzados (es decir, los que generalmente se describen bajo el nombre de *Odontopteris* por estar caracterizados, sobre todo, por fragmentos lobulados con pínulas odontopteroideas), se presentan fundamentalmente diferentes de las especies de *Mixoneura* (tal como, por ejemplo, *Mixoneura subraymondi* nov. sp. y *Mixoneura raymondi* (Zeiller), que forman la transición entre *Neuropteris* y *Odontopteris*. Haría falta un estudio monográfico para que se pudiera describir a ambos grupos bajo nombres genéricos diferentes. Sin embargo, debiera ser posible atribuir el primer grupo a *Mixoneura* Weiss *sensu stricto* y el segundo a *Neurodopteris* H. Potonié. El primer grupo contiene esencialmente especies de edad Estefaniense medio y superior, llegando en parte al Autuniense. El otro grupo parece venir de *Neuropteris* del Westfaliense y parece ser esencialmente más antiguo, aunque también llegue en algunos casos al Estefaniense alto y al Autuniense.

Algunos de los ejemplares de *Mixoneura matallanae* nov. sp. muestran pequeñas elevaciones redondas de la lámina de las pínulas, que suponemos sean huellas de un ataque parasítico por hongos que tuvo lugar antes de fosilizarse.

Una sola localidad en el paquete de San José (loc. 1.259), nos rindió varias pínulas aisladas de *Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan, que es una especie típica del Estefaniense alto y del Autuniense. Se trata de pínulas de forma más o menos lineal, que parecían tener una lámina bastante fuerte. Además, están caracterizadas por un nervio central desarrollado sobre buena parte del largo de la pínula y los nervios laterales completamente anastomosados, con las mallas alargadas en el sentido transversal. Las pi-

nas terminarían en una sola pínula apical (son pinas imparipinatas), pero esta característica no puede verse en nuestros ejemplares, demasiado fragmentarios, que consisten en pínulas aisladas solamente.

Aunque *Reticulopteris germari* (Giebel) está bien conocida del Estefaniense B-C y Autuniense de Francia y de Portugal, así como de otros países (Alemania, Bohemia, etcétera), resulta muy poco frecuente en el Estefaniense B-C del noroeste de España. En efecto, solamente lo encontramos anteriormente con un solo ejemplar en el terreno del Estefaniense A alto (¿medio a superior?) del paquete de Barruelo (Palencia), es decir, en un nivel estratigráfico más bajo de lo que generalmente se admite para esta especie, mientras que no logramos encontrarla en ninguna otra localidad del Estefaniense B y C, a pesar de investigaciones bastante exhaustivas. Parece probable que la distribución estratigráfica y geográfica de *Reticulopteris germari* obedezca por lo menos parcialmente a una facies florística algo especial para la flora estefaniense normal del área cántabro-asturica. Esta impresión se confirma por el hecho de que la localidad número 1.259 en el terreno de Ciñera-Matallana lleva todo un conjunto de especies raras de tendencias hacia el Estefaniense alto en otras regiones, donde muy probablemente el clima empezaba a hacerse más árido con anterioridad al noroeste de España (comparar las discusiones en la primera contribución de este trabajo).

Mucho más frecuente resulta la especie *Linopteris neuropteroides* (von Guthrie), de lo cual encontramos numerosos ejemplares en casi todos los paquetes de la serie de Ciñera-Matallana. Todos los ejemplares se presentan como pínulas aisladas. Están caracterizadas por su aspecto esbelto, con los bordes paralelos y el ápice ligeramente inclinado hacia delante; además, por su nerviación perfectamente anastomosada en mallas alargadas en un sentido fuertemente ascendente. La especie carece de importancia estratigráfica, ya que se encuentra desde el Westfaliense A hasta el Autuniense.

Distinguimos también una variedad de esta especie, es decir, *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira, que difiere de la forma típica por su nerviación caracterizada por mallas algo más anchas y alargadas. Es posible que esta variedad haya aparecido durante el Estefaniense.

Por fin presentamos la descripción del género *Odontopteris* Brongniart y de su representante más corriente en el Carbonífero español, la especie *Odontopteris brardi* Brongniart. Incluimos en esta especie a *Odontopteris minor* forma *zeilleri* H. Potonié, ya que los ejemplares con ráquides fuertes y pínulas grandes que generalmente se clasifican como *Odontopteris brardi* Brongniart parecen formar parte de las mismas frondes que los ejemplares con ráquides más ligeros y pínulas relativamente más estrechas y esbeltas que generalmente se identifican como *Odontopteris minor* forma *zeilleri* Potonié. Se basa esta opinión en el hallazgo de ambos tipos de foliaje mezclados en las mismas localidades en el noroeste de España. Además, se nota que la forma general de las pínulas, así como las características de la nerviación son las mismas en las dos especies citadas. *Odontopteris brardi* Brongniart, en el sentido amplio, que le damos ahora, se muestra generalmente abundante en los estratos del Estefaniense B y C en el noroeste de España. Sobre todo, recogimos ejemplares abundantes y bien caracterizados en varias localidades de la cuenca minera de La Magdalena (León) y en las explotaciones de Puerto Ventana (León-Asturias) y Puerto de Leitariegos (León-Asturias). La especie ocurre asimismo en varias localidades de la cuenca minera de Ciñera-Matallana y los terrenos adyacentes, pero en ninguna de estas localidades logramos encontrar un material realmente abundante y variado. En cuanto a su distribución estratigráfica, puede apuntarse que *Odontopteris brardi* Brongniart o una forma precursora ya aparece

alguna vez en estratos del Estefaniense A alto (tramo Calero) del paquete del Barruelo (Palencia), pero no se muestra realmente abundante antes del Estefaniense B en el noroeste de España.

## SYSTEMATIC DESCRIPTIONS

### Family *Cyclopteridaceae* P. Corsin

#### Formgenus *Mixoneura* Weiss

#### Diagnosis:

Imparipinnate fronds characterised throughout by pinnules which are attached by some part of the width of the pinnule base and which show the presence of a midvein as well as subsidiary veins coming directly from the supporting rachis. The width of the basal attachment of the pinnules and the relative amount of subsidiary veins vary with the position of the pinnule within the frond. In the apical parts of pinnae the pinnule bases may even be decurrent, whilst those on the lower parts of pinnae usually possess somewhat contracted bases.

#### Remarks:

The term *Mixoneura* was created by Weiss (1869: Jüngsten Steinkohlen) as a subgenus of *Odontopteris* Brongniart. It was further defined in 1870 (Studien über Odontopteriden). According to the description given by Weiss (1869, p. 36; 1870, p. 858), the name *Mixoneura* would apply to fronds characterised by odontopteroid pinnules in the apical parts of pinnae and neuropteroid pinnules in the lower parts. They would also be characterised by the presence of *Cyclopteris* pinnules on the main rachis (as in all *Cyclopteridaceae* P. Corsin as well as in *Odontopteridaceae* P. Corsin).

Weiss indicated as the genotype of *Mixoneura* the species *Odontopteris obtusa* Brongniart. This choice of a genotype was made before Zeiller (1888: Commentry) refigured and redescribed this species which he restricted to Brongniart's (Histoire) Pl. 78, fig. 4 (non fig. 3). Weiss had judged the species on the basis of Brongniart's figures and considered it to be conspecific with *Odontopteris subcrenulata* (Rost). Since he figured the latter species under the name of *Odontopteris obtusa* Brongniart in his «Jüngsten Steinkohlen» (1869, Tafn II-III, non Taf. VI, fig. 12), it was obvious that he intended *Odontopteris subcrenulata* (Rost) to be the genotype of *Mixoneura*. This fact is generally admitted in the literature.

*Odontopteris subcrenulata* (Rost) is not usually recorded under the name of *Mixoneura*, since its pinnules are predominantly odontopteroid (see, for instance, the recent illustrations given by Doubinger & Remy, 1958) and this fact has been quoted by H. Potonié (1893, p. 133; 1907) as invalidating the genus. Instead of *Mixoneura* Weiss he proposed to use *Neurodopteris* Potonié as a genus combining features of *Neuropteris* and *Odontopteris*. However, Zeiller (1906, p. 90-91) pointed out that the genus *Mixoneura*, as defined by Weiss, clearly combined the features of *Neuropteris* and *Odontopteris* and thus coincided exactly with *Neurodopteris*, which had to be regarded as a junior synonym.

On the other hand, it is quite possible that *Mixoneura* is a formgenus which harbours several more natural taxonomic units. For example, the group of species including *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim), *Odontopteris pseudoschlotheimi* de Maistre, *Mixoneura matallanae* nov. sp., *Odontopteris subcrenulata* (Rost) and *Odontopteris lingulata* (Goepfert) shows features of lobing which may well set it apart from the group of *Odontopteris (Mixoneura) britannica* (von Gutbier), *Odontopteris (Mixoneura) peyerimhoffi* P. Bertrand, *Mixoneura neuropteroides* (Goepfert), *Mixoneura raymondi* (Zeiller), *Neuropteris (Mixoneura) obliqua* Brongniart, etc. In the last-mentioned group of *Mixoneura* there seems to be a gradual transition with mainly Westphalian *Neuropteris*, whereas the first-mentioned group apparently occupies a more isolated position. One can sympathise with H. Potonié (1907), when he argues that *Mixoneura* should be applied in the first place to those species which are grouped around *Odontopteris subcrenulata* (Rost). Potonié's genus *Neurodopteris* could then be used for those species of *Mixoneura* forming a transition with *Neuropteris* of Westphalian times. This point of view is not commonly accepted however. Most authors take *Mixoneura* in its widest sense as a formgenus embracing forms with both neuropteroid and odontopteroid pinnules. This more general usage of *Mixoneura* will be followed here, since a more exact subdivision of this formgenus must be left to those authors, who are in a position to deal monographically with the different groups of species involved.

In the first contribution of the present work it has already been mentioned that P. Bertrand (1930) attempted to restrict *Mixoneura* Weiss to the group of *Neuropteris ovata* Hoffmann and possibly related species. Gothan & Sze (1933) and Gothan (1953) correctly observed that this restriction would result in the exclusion of the genotype of *Mixoneura* Weiss. The proposed emendation of *Mixoneura* by P. Bertrand thus became clearly unacceptable.

It should be noted that the presence of forms referable to *Neuropteris*,

together with species assigned to *Mixoneura*, within the group of *Neuropteris ovata* Hoffmann, provides another example of the artificial nature of these formgenera. Barthel's (1962) recent work on the leaf cuticles of Pteridosperms seems to indicate a possible means of distinguishing more closely circumscribed leaf genera in the future. He already makes the point that the imparipinnate Neuropterids (*Neuropteris* and *Mixoneura*) form a rather comprehensive group of plant fossils embracing several more natural groups as indicated by fundamentally different leaf cuticles.

***Mixoneura subraymondi* nov. sp.**

Pl. 10, figs. 21-22; Pl. 11, figs. 23-24

1963. *Mixoneura* cf. *raymondi* Wagner, non Zeiller: Palaeozoic Rocks between Porma and Bernesga (León, NW. Spain). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 105.

*Description:*

Organisation of the frond unknown, since only fragments of pinnae of the last order have been found.

*Pinnae* of the last order imparipinnate, with a gradually fused terminal.

*Rachis* of the last order fairly sturdy (0.5—1 mm. wide), probably rounded or squarely rounded in transverse section.

*Pinnules* more or less linear to ovate in shape, with a rounded apex and rounded sides at the base. They are always contracted at the base, but on the basiscopic side of the pinnule some part of the base is fused with the supporting rachis, thus giving a somewhat asymmetric aspect to the pinnule. The actual width of basal attachment is variable and depends on the position within the pinnae, since the pinnules higher up in the pinnae are more extensively fused with the rachis than those in the lower parts of the pinnae. The pinnules near the terminal are often attached by the entire base, which may even be somewhat decurrent. The dimensions of the pinnules are variable, but usually they are slightly more than twice as long as they are wide (dimensions: 8-14 mm. long and 3-7 mm. wide).

*Midvein* clearly expressed over about half the length of the pinnules. It is slightly decurrent on the supporting rachis. The midvein is thin; its strength being hardly superior to that of the lateral veins.

*Nervules* partly derived from the supporting rachis, thus forming so-called subsidiary veins. They ascend rather steeply, either from the midvein or directly from the supporting rachis, and curve gradually towards the

pinnule borders which they reach at an angle of about 60°. The nervules fork either twice or three times and present a somewhat bundled aspect. The nervation is moderately wide (about 29 to 37 vein endings per cm. on the pinnule border). The veins are thin, but clearly marked on the specimens in hand.

*Diagnosis:*

*Mixoneura subraymondi* nov. sp. is characterised by its somewhat asymmetric, almost ovate pinnules which are slightly more than twice longer than they are broad; furthermore by its relatively thin, slightly decurrent midvein and rather steeply ascending, gradually curving laterals meeting the pinnule borders at an angle of about 60°. The pinnules are apparently mixoneuroid throughout the frond, although the base of the pinnules is usually contracted on both sides (more on the acroscopic side than on the more broadly attached basiscopic side however).

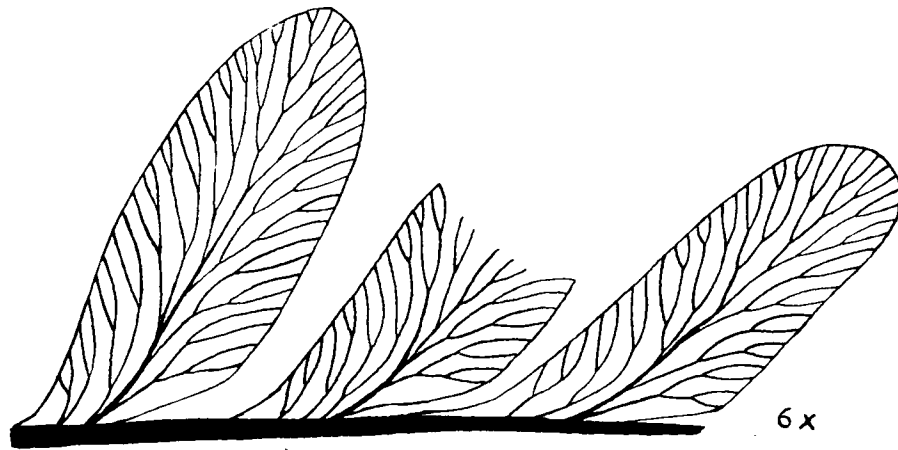
*Types:*

The specimens figured on Pls. 10-11, figs. 21-24 are designated cotypes of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. They are all deposited in the collections of the Institute «Lucas Mallada» in the Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Duplicate material is housed in the Department of Geology, University of Sheffield.

*Comparisons:*

The species is closely comparable to *Mixoneura raymondi* (Zeiller) nov. comb. which shows pinnules of rather similar shape and relative dimensions, although they appear to be larger and more linear than those of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (cf. Doubinger, 1956, Pl. XII, fig. 3, Pl. XIII, fig. 1, illustrating the only known example of *Mixoneura raymondi*). It is felt that the difference in size of the pinnules and the more linear aspect of the pinnules of *Mixoneura raymondi*, as against the generally more ovate shape of the pinnules of *Mixoneura subraymondi* may be explained by admitting a different position in the frond for the specimens hitherto known. In fact, it seems that the holotype of *Mixoneura raymondi* (Zeiller) originated from a position rather low in the frond, whilst the specimens described

here of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. may have been derived from somewhat higher regions. The specimens reproduced on Pl. 10 of the present paper indicate that the more or less ovate shape of pinnules in the higher parts of pinnae may gradually pass into a more linear shape further down. However, it seems that a more fundamental distinction between the two species occurs in the spacing of the lateral veins which, according to Zeiller (1890, p. 147), reach the pinnule borders with a density of 16 to 25 per cm in *Mixoneura raymondi* (Zeiller), whereas they occur with some 29 to 37 vein endings per cm. on the pinnule borders in *Mixoneura subraymondi* nov. sp. The other characteristics of the venation are apparently similar in both species. It may also be noted that *Mixoneura raymondi* (Zeiller) has been recorded from the Assise de Mont Pelé in the region of Autun, where it occurs



Textfig 2:

Nervation diagram of some average-size pinnules of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (tracing of an enlargement ( $\times 6$ ) of the photograph reproduced on Pl. 11, figs. 23, 23a).

\* \* \*

Esquema de la neriación de algunas pinulas de tamaño regular de *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (calco de una ampliación por seis de la fotografía reproducida en la lámina 11, figs. 23, 23a).

in a flora of Stephanian B-C age (cf. Doubinger, 1956, p. 44). This occurrence may be slightly younger than that of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. in the region of Ciénega-Matallana. It seems possible that the two closely similar species may have been related and succeeded each other in time.

Another comparable species is *Mixoneura* (vel *Odontopteris*) *peyerimhoffi* P. Bertrand. Also this species has been based on a single specimen (holotype) which, in this case, shows two terminal fragments of pinnae of the penultimate order. Its pinnules are mainly rather small, of similar size to those of *Mixoneura subraymondi* nov. sp., but they apparently possess less of a midvein and correspondingly more steeply ascending laterals. More important, perhaps, is the tendency of fully grown pinnules of *Mixoneura peyerimhoffi* to show a more or less angular outline which is mainly due to an incipient basiscopic auricle, whereas the pinnules of *Mixoneura subraymondi* have more rounded bases on both the acroscopic and basiscopic sides of the pinnules. The fragments described here of *Mixoneura subraymondi* are too small to show the absence or presence of a squarish catadromous pinnule as occurs at the basis of pinnae of the last order belonging to *Mixoneura peyerimhoffi*. The nervation may be of about the same density in both species.

Pinnules of somewhat comparable habit and nervation also occur in some parts of the frond of *Mixoneura* (vel *Odontopteris*, *Neuropteris*) *britannica* von Gutbier. However, much larger and somewhat more neuropteroid pinnules predominate in *Mixoneura britannica* (cf. Daber, 1955, p. 35; Taf. XXIV, figs. 2-3; Taf. XXV, fig. 1). There is no evidence to suggest the presence of larger, more neuropteroid pinnules in *Mixoneura subraymondi*. Moreover, the comparable, smaller, broadly attached pinnules of *Mixoneura britannica* are relatively shorter than those of *Mixoneura subraymondi*. Pinnae of the last order in *Mixoneura britannica* showing mixoneuroid to odontopteroid pinnules are furthermore characterised by rather large terminals, whereas *Mixoneura subraymondi* has relatively small terminals.

*Odontopteris alpina* Geinitz (cf. Daber, 1955, p. 32 —excl. synonymy—; Taf. XXIV, figs. 1, 1a) has slightly subfalcate pinnules, somewhat more than twice longer than broad, with bluntly pointed apices. Its pinnules are larger and generally more tapering than they are in *Mixoneura subraymondi* nov. sp. Even more important is the fact that the pinnules of *Odontopteris alpina* are attached by the entire width of the pinnule (or even confluent), whilst they are usually somewhat contracted in *Mixoneura subraymondi*. Moreover, judging from Daber's figure of the holotype of *Odontopteris alpina* Geinitz, there are about 14 veins per cm on the pinnule border in that species, as against some 29 to 37 veins per cm in *Mixoneura subraymondi* nov. sp. *Odontopteris alpina* is also characterised by more robust rachis.



*Odontopteris robusta* Zalessky (cf. Zalessky, 1934, p. 1113, fig. 8; Novik, 1952, Tab. LIX, figs. 1-2) has relatively shorter pinnules than *Mixoneura subraymondi* nov. sp., since they possess a length-breadth ratio of about 3:2. Moreover, the pinnae of the last order in *Odontopteris robusta* are characterised by relatively large, rounded terminals. The nervation also appears to be wider in *Odontopteris robusta* Zalessky, which may have about 18 veins per cm on the pinnule border, as against 29 to 37 in *Mixoneura subraymondi* nov. sp.

*Odontopteris obtusa* Brongniart (cf. Zeiller, 1888: Commentry, Pl. XXIII, figs. 1-2) is similar to *Mixoneura subraymondi* nov. sp., but possesses more broadly attached pinnules which show a somewhat wider nervation (about 24 vein endings per cm).

*Mixoneura neuropteroides* (Goepfert) is easily distinguished from *Mixoneura subraymondi* nov. sp. because of its auricled, relatively broader pinnules (length-breadth ratio about 2:1 or less) which possess an extremely dense nervation.

#### *Discussion of the specimens illustrated:*

Only a number of fragmentary remains of *Mixoneura subraymondi* nov. sp. have been found. The most important of these specimens are illustrated on Pls 10-11. Differences in size and basal attachment of the pinnules are shown on Pl. 10, figs. 21, 21a. The top part of the figure illustrates a terminal fragment of a pinna of the last order. It contains the terminal itself (fragmentary) as well as two consecutive, broadly attached, almost confluent pinnules with a decurrent midvein and rather steeply ascending subsidiary veins. Pl. 10, figs. 22, 22 a-b reproduce some more pinna fragments showing almost linear pinnules with strongly contracted bases at the acroscopic side, whilst the basiscopic side is only slightly contracted and partly fused with the supporting rachis. Subsidiary veins are apparently present on the basiscopic side of these pinnules. Pl. 11, figs. 23, 23 a illustrate a row of pinnules close to the terminal part of a pinna of the last order. The pinnules are fully developed, but relatively small, which explains the tendency towards a somewhat ovate shape. They are clearly attached to the rachis by the basiscopic side of the pinnules. Pl. 11, figs. 24, 24a show slightly larger pinnules which are clearly mixoneuroid in attachment and nervation.

#### *Remarks on classification:*

It has already been remarked in the discussion of the genus *Mixoneura* Weiss that it apparently contains more than one group of plant fossils. The species *Mixoneura subraymondi* nov. sp. belongs to those elements which seem closely linked in general characteristics with common *Neuropteris* foliage of mainly Westphalian times. These elements are apparently all characterised by essentially non-lobing features, since the lengthened and generally enlarged pinnules of monopinnate fragments are almost directly replaced by pinnae of the last order with small, not yet fully grown pinnules in bipinnate fragments, without extensive transitional parts constituted by lobing pinnules. Consequently, the variability within the frond of this group of Neuropterid foliage is fairly restricted. Even fragments of pinnae showing not yet fully grown pinnules usually possess all the characteristic features of the average-sized pinnule in the frond. The same is true of the lengthened pinnules near the underdeveloped pinnae of the last order. It may eventually be found useful to distinguish those elements of *Mixoneura* which appear closely linked to *Neuropteris* as a special genus for which the name *Neuroodontopteris* H. Potonié seems indicated. Such a proposal must however be backed by a thorough investigation of the most important species involved, which cannot be attempted here.

#### *Occurrence:*

Practically all the specimens of *Mixoneura subraymondi* nov. sp., described here, have been found in the tip of the mine «San Francisco» (loc. 931), which works strata of the Lower Coal-Bearing formation in the neighbourhood of Correcillas, in the extreme northeastern part of the Ciñera-Matallana coalfield. This formation has been referred to lower Stephanian B. Another fragmentary specimen was found in *Anthraconauta* bearing shales at the base of the «Hard Bed» formation, at about 3 metres above the *Leaia* band outcropping in the road from Villalfeide to Correcillas (loc. 1301).

#### *Mixoneura matallanae* Wagner

Pl. 11, figs. 25-27; Pls. 12-16, figs. 26a-32a.

1962. *Mixoneura* sp. (cf. *pseudoschlotheimi* de Maistre) Wagner; Sur le terrain houiller de Ciñera-Matallana (Léon, Espagne). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 254, p. 2395.

1963. *Mixoncaura matallanae* Wagner: Palaeozoic Rocks between Porma and Bernesga (León, NW. Spain). *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 95, 96.

*Description:*

*Fronde* at least bipinnate; probably tripinnate or even larger.

*Pinnac*e of the penultimate order are tapering rather gradually towards a long and slender apex, which consists of progressively fusing pinnules and a tapering, more or less rounded terminal. The degree of tapering and the apical angle of the pinnac will depend on the position of the pinna in the frond and its rank in the organisation of the frond.

*Rachis* of the penultimate order may be rather stout (up to 3 mm wide) or somewhat more slender (1 mm.), depending on the position in the frond. The rachis is usually marked by irregular, short dashes which may have been hairs of about 1 mm. length. In some cases it may appear punctate and it is suggested that these may be hair bases or scars of hairs which had fallen off.

*Pinnac*e of the last order are characterised by rather slender apices with rounded terminals. The pinnac are alternately disposed and are inserted at about right angles to the rachis of the penultimate order.

*Rachis* of the last order very stout (up to 1.8 mm. wide), probably circular in transverse section and irregularly grooved or pitted (hairs or spines?).

*Pinnules* variable in aspect, due to gradual lobing. They are mainly confluent, with a decurrent base (alethopteroid habit), but lobing parts of the frond often show relatively small, underdeveloped pinnules with an odontopteroid nervation, whilst some lengthened pinnules may have a somewhat contracted base reminiscent of Neuropterid foliage. The lobing typically commences in the top part of the pinnules and gradually spreads downwards. The average, fully developed pinnules are usually about 2 to 3 times longer than they are broad (dimensions: about 8 to 20 mm. long and 4 to 7 mm. wide). They have a subtriangular shape, with rounded apices and decurrent bases which tend to fuse with those of adjacent pinnules lower down the rachis. Their insertion is somewhat oblique to the supporting rachis, the angle of insertion being usually about 60° to 80°. Lobing is effected by a gradual lengthening of the pinnule, which also becomes gradually less fused at the base and which acquires undulating borders in its upper part. Newly formed pinnac of the last order show relatively small, underdeveloped pinnules which are about as long as they are broad and which possess

an odontopteroid nervation. These underdeveloped pinnules are extensively fused at the base. The pinnule lamina may be of average thickness.

*Midvein* rather strong (about 0.5 mm. wide) and well-marked till shortly below the apex of the pinnule; it is virtually absent in the odontopteroid nervation of underdeveloped pinnules. The midvein is usually straight and non-decurrent in the fully developed pinnules, but may be somewhat flexuous and slightly decurrent on the rachis in some cases forming a transition with underdeveloped pinnules.

*Nervules* are apparently rather thin on the upper (dorsal) side of the pinnules, but appear to be more strongly marked on the lower (ventral) side. They ascend from the midvein at a rather narrow angle and reach the pinnule borders at an angle of about 45° after describing a more or less widely sweeping course upwards. The nervules usually fork once or twice at irregular intervals. Subsidiary veins are present on the basisopic side of the pinnules. The odontopteroid nervation which characterises underdeveloped pinnules consists entirely of subsidiary, subequal nervules. The nervation is fairly wide, since there are only about 18 veins per cm on the pinnule border.

*Diagnosis:*

*Mixoncaura matallanae* nov. sp. is characterised by thick, irregularly grooved and punctate rachis with perpendicularly inserted side pinnac, which carry rather large, elongate subtriangular pinnules with rounded apices and decurrent bases. The nervation consists of a well-marked midvein and repeatedly forking oblique laterals as well as subsidiary veins on the basisopic side of the pinnules. The nervation is fairly wide (18 veins per cm. on the pinnule border). The species is also characterised by gradual lobing spreading downwards from the apices of lengthened pinnules.

*Types:*

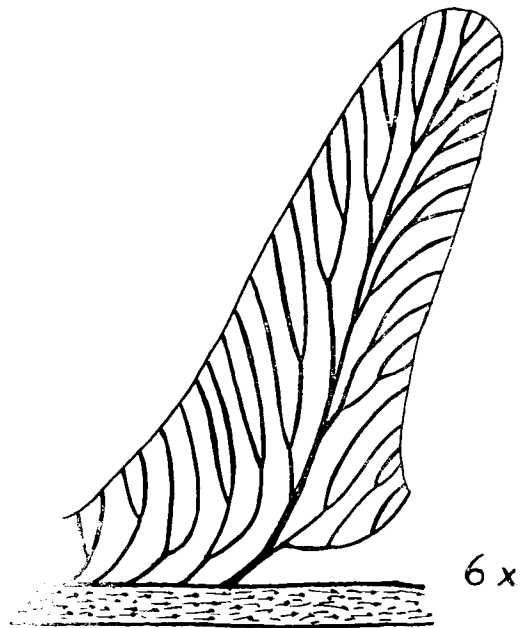
All the figured specimens are considered co-types of the species. Without exception they come from the San José formation in the southwestern part of the Ciñera-Matallana coalfield (probably from the roof of the seam Estrecha). The types are deposited in the collection of the Institute «Lucas Mallada», Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Duplicate material is housed in the Department of Geology, University of Sheffield.

*Derivatio nominis:*

The species is named after the village of Matallana in the province of León, NW. Spain.

*Comparisons:*

The shape and dimensions of some of the smaller fully developed pinnules and the irregularly grooved rachis of *Mixoneura matallanae* nov. sp. are similar to those of *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim) which also shows the presence of bluntly triangular pinnules. However, the pinnules of *Odontopteris osmundaeformis* lobe much more readily than those of *Mixoneura matallanae*, so that a higher incidence of odontopteroid pinnules is produced. Because of the same reason the length-breadth ratio of fully developed pinnules in *Mixoneura matallanae* appears to in-



Textfig 3:

Nervation diagram of an average-size, fully developed pinnule of *Mixoneura matallanae* Wagner (tracing of an enlargement ( $\times 6$ ) of the photograph reproduced on Pl. 11, fig. 25).

\* \* \*

Esquema de la nerviación de una pinula completamente desarrollada de *Mixoneura matallanae* Wagner (calco de una ampliación por seis de la fotografía reproducida por la lámina 11, fig. 25).

crease much further before the commencement of lobing than seems to be the case in *Odontopteris osmundaeformis*, which has relatively shorter fully developed pinnules. It is also noted that lobing sets in at the basis of the pinnules in *Odontopteris osmundaeformis* and not in the apical part of pinnules, as it does in *Mixoneura matallanae*. Therefore, the two species are clearly to be considered as separate entities, even though certain parts of the frond may be almost identical in both species (particularly, since the nervation is extremely similar, if not identical, in both *Odontopteris osmundaeformis* and *Mixoneura matallanae*). For example, the specimen figured here on Pl. 15, fig. 32 (Pl. 16, fig. 32a) may be compared with the terminal of a pinna of *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim) as figured by Gothan & Remy (1957, Abb. 174) from the Autunian of Manebach in Germany. Similarly, the fragment illustrated here on Pl. 12, figs. 28, 28a can be compared with the small pinna of the last order in Gothan & Remy's figure. Other specimens of *Mixoneura matallanae* nov. sp. do not seem to find a counterpart in the figured material of *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim).

Another comparison can be made between the species described here and *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* de Maistre, which has been recently described from the Stephanian C of the Loire basin in Central France (de Maistre, 1961). Both *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* and *Mixoneura matallanae* appear to be characterised by the same type of odontopteroid pinnules as occur also in *Odontopteris osmundaeformis* (= *Odontopteris schlotheimi* Brongniart). On the other hand, the fully grown pinnules of *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* show a typical neuropteroid habit (with a constricted base) which is only matched to a certain extent by parts of the frond of *Mixoneura matallanae*, where alcthopteroid pinnules (with a decurrent base) usually predominate. Moreover, it seems that the nervation is denser in *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* de Maistre than it is in *Mixoneura matallanae* nov. sp.

The more or less comparable species *Odontopteris subcrenulata* (Rost) and *Odontopteris lingulata* Goeppert are both characterised by more robust pinnules which show a less triangular aspect than those of *Mixoneura matallanae* nov. sp. Also the lobing sets in at the basis of the pinnules of the first-mentioned species and not at the top as occurs in the latter. The lobing pinnae of *Odontopteris subcrenulata* and *Odontopteris lingulata* typically leave large, entire apical portions, which are strikingly different from the small terminals visible on the specimens reproduced in the present paper. Moreover, the nervation is denser in *Odontopteris subcrenulata* and *Odontopteris lingulata* than it is in *Mixoneura matallanae*. There appear to be

relatively fewer fully developed, non-lobing pinnules in *Odontopteris subcrenulata* and *Odontopteris lingulata* than there are in *Mixoncurea matallanae*.

The rather incompletely known species *Neuropteris (Alethopteris) pfeilstickeri* (Beck) Daber, as figured by Daber (1955, 1958), shows extremely long (up to 60 mm.), subtriangular pinnules which are decurrent in the apical part of the pinnae and constricted in the lower part (hence the attribution to both *Alethopteris* and *Neuropteris*). The nervation of this species is apparently characterised by a distinct midvein and fairly oblique laterals which are reputed to be mainly once forked. The nervation has been described as rather wide (Daber, 1955). There is an obvious resemblance between the few fragments known of *Neuropteris (Alethopteris) pfeilstickeri* and certain parts of the foliage of *Mixoncurea matallanae*, but it seems that complete identification is impossible due to the lack of adequate information on the variability of pinnae and pinnules in the former species. In addition, it may be interesting to observe that *Neuropteris (Alethopteris) pfeilstickeri* shows single rows of large, rounded elevations between the veins, which have been interpreted as epidermal glands (see, in particular, Daber, 1958). Dome-like elevations between the veins also occur quite often in specimens of *Mixoncurea matallanae* (see Pl. 15, fig. 34a). These structures, which are not invariably present in *Mixoncurea matallanae*, are here interpreted as possible marks of fungal attack (rusts).

Lobing parts of the frond of *Mixoncurea matallanae* nov. sp. may show a distinct resemblance to some fragments described in 1958 as *Odontopteris laxa* Wagner. The latter species is also characterised by bluntly subtriangular pinnules, with a nervation of the same general aspect and density as that of *Mixoncurea matallanae*. However, it seems that the rachis of *Odontopteris laxa* are more slender than those of *Mixoncurea matallanae*, which is also characterised by relatively more robust pinnules. Although the possibility cannot be excluded that *Odontopteris laxa* and *Mixoncurea matallanae* may prove to be one and the same species, it is considered advisable to describe *Mixoncurea matallanae* nov. sp. separately until the full variability of the frond of *Odontopteris laxa* Wagner may be known. At present, only a few odontopteroid pinnules have been recorded, which give no indication of the presence of such large alethopteroid pinnules as occur in *Mixoncurea matallanae* nov. sp.

#### *Discussion of the specimens illustrated:*

No very large fragments permitting a reconstruction of the frond have yet been found. On the other hand, there is sufficient material available

to show the existing variability in pinnule shape and nervation, which is fairly considerable.

Pl. 11, fig. 25 reproduces some of the average, fully developed pinnules occurring in *Mixoncurea matallanae* (cf. textfig. 3). They are rather uneven in size, confluent and decurrent at the base, with tapering borders and rounded apices. The shape of the pinnules is typically alethopteroid, but the nervation is steeply ascending in a mixoneuroid manner. The near apical part of a pinna of the penultimate order is shown on Pl. 11, fig. 26 (Pl. 13, fig. 26 a) which figures the somewhat striate rachis with scattered punctae and lobing pinnae of the last order with underdeveloped, bluntly subtriangular, odontopteroid pinnules. Another apical part of a pinna of the penultimate order is reproduced on Pl. 11, fig. 27. This specimen shows a markedly more rapid increase in the thickness of the rachis. There is also a relatively more rapid transition from fully grown pinnules in the top of the pinna to lobing pinnae of the last order with underdeveloped pinnules and almost fully developed pinnules of those pinnae. It seems that this specimen may represent the apical part of one of the major pinnae, i. e. a pinna of higher rank than the one illustrated on Pl. 11, fig. 26. Still another apical fragment appears on Pl. 12, figs. 29, 29 a. Also this specimen shows a gradual transition from fully developed, rather well individualised pinnules to a lobing pinna of the last order with incipient pinnules.

Gradual lobing of the type visible on the pinnae discussed above also occurs on Pl. 13, figs. 30, 30 a, illustrating a pinna of the last order with gradually lengthening pinnules which develop undulating borders as a preliminary to lobing pinnae. A lobed pinna of the last order with still incompletely developed pinnules is shown on Pl. 12, figs. 28, 28 a.

The lower part of a pinna of the penultimate order is reproduced on Pl. 14, figs. 31, 31 a, which shows a thick, punctate rachis with lobing pinnae of the last order. This specimen is remarkable for the unequal development of pinnae on either side of the main rachis. The pinnae on the left side of the figure show reasonably well individualised pinnules, whereas those on the right side are hardly individualised at all. In fact, the pinnae on the right side of the specimen represent a transitional stage between lengthened pinnules and lobing pinnae of the last order. It should be noted that the bases of these pinnae are somewhat contracted, whereas those of the more developed pinnae on the other side of the rachis are decurrent.

Other examples of decurrent, fully developed pinnules and lobing pinnae with odontopteroid pinnules are shown on Pls. 15-16. Some of these specimens have also been illustrated because of the presence of round dots between the veins. Similar dots are also visible on the specimen of Pl. 12, figs. 29-29 a. The nature of these dots, which only occur on a certain number of the spe-



cimens recorded, is discussed on pages 23-24. They are tentatively regarded as evidence of fungal attack on the living plant before fossilisation.

*Remarks on classification:*

Among the specimens available for the description of *Mixoneura matallanae* nov. sp., there is a fairly high proportion of fragments showing non-lobing or hardly lobing pinnules which seem to constitute the average type of segment occurring in the frond. The relative scarcity of odontopteroid pinnules is remarkable, because odontopteroid pinnules are predominant in the comparable species *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim) and, above all, in *Odontopteris (Mixoneura) subcrenulata* (Rost) and *Odontopteris lingulata* Goepfert. In this respect, *Mixoneura matallanae* Wagner comes closer to *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi* de Maistre, which shows relatively fewer odontopteroid pinnules than occur in either *Odontopteris osmundaeformis* or in the other two species mentioned.

The shape and nervation of the average type pinnule and the relative scarcity of odontopteroid pinnules in *Mixoneura matallanae* seem to indicate that the species should be classed with *Mixoneura* rather than with *Odontopteris*. However, it is possible to envisage a trend towards an increasing number of odontopteroid pinnules comparable to those occurring in *Odontopteris osmundaeformis*. Comparing, for instance, the terminal parts of pinnae of the penultimate order in *Odontopteris osmundaeformis* (cf. Gothan & Remy, 1957, Abb. 174) and in *Mixoneura matallanae* (e. g. Pl. 11, fig. 26 and Pl. 15, fig. 32 of the present paper), it seems evident that the two species are mainly distinguished by the higher degree of individuality and the relative predominance of odontopteroid pinnules in *Odontopteris osmundaeformis*, where the *Odontopteris* type of pinnule has become the average one. Such a degree of individuality and predominance of odontopteroid pinnules has apparently not been attained by *Mixoneura matallanae*, which should therefore be assigned to *Mixoneura*. The dividing line between the two formgenera is rather indefinite, however, and it seems possible that mixoneuroid forms like *Mixoneura matallanae* were forerunners of more odontopteroid forms like *Odontopteris osmundaeformis*. However, a direct relationship between the two species is difficult to prove, particularly because the lobing in both species is fundamentally different. Lobing commences in the upper part of the pinnules of *Mixoneura matallanae*, whilst it starts in the lower part of the pinnules of *Odontopteris osmundaeformis* (as well as in those of *Odontopteris subcrenulata* and *Odontopteris lingulata*).

The decurrent base of the average type of non-lobing pinnule in *Mixoneura matallanae* and the presence of subsidiary veins coming directly up

from the rachis on the basiscopic side of the pinnules are both characteristics of the formgenus *Alethopteris* Sternberg. However, the rather steeply inclined venation of these pinnules is rather atypical for *Alethopteris*, whilst the very gradual lobing of *Mixoneura matallanae* also tends to set it apart from most of the species assigned to that formgenus. Most important, perhaps, are the close similarities shown by *Mixoneura matallanae* with *Odontopteris osmundaeformis* and *Odontopteris (Mixoneura) pseudoschlotheimi*.

It should be noted that the species mentioned in the Comparisons are variously assigned to *Odontopteris*, *Mixoneura* or *Neuropteris*. The highly artificial grouping into formgenera, based on pinnule morphology only, breaks down in this complex of species, the foliage of which may vary a good deal from one part of the frond to another. They all present similar features of lobing, however. It is this group of species which may correspond most closely to *Mixoneura* Weis *sensu stricto*, since it contains the type species *Odontopteris (Mixoneura) subcrenulata* (Rost). More detailed investigations are required to show conclusively whether or not *Mixoneura matallanae* Wagner, *Mixoneura pfeilstickeri* (Beck), *Mixoneura pseudoschlotheimi* de Maistre, *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim), *Odontopteris subcrenulata* (Rost), *Odontopteris lingulata* Goepfert and, possibly, *Odontopteris laxa* Wagner should be set apart from other species which are presently described under the names of *Odontopteris* and *Mixoneura*.

*Special structures on the specimens in hand:*

Some of the specimens available for description and particularly the examples figured on Pl. 12, figs. 29, 29 a; Pl. 15, figs. 32, 34, 34 a and Pl. 16, fig. 32 a show the presence of small dots filling up the spaces between the veins in the pinnules. On close examination, these dots appear to consist of tiny dome-shaped elevations with a central depression. They are closely spaced and occur in single rows between the veins. The nature of these structures is rather doubtful, but a few possible interpretations may be given.

It seems that three different possibilities may be examined, viz. fructifications, glands or pathogenic structures due to fungal attack. The first possibility seems rather unlikely, because sporangia are expected to be situated on the veins rather than between the veins. Moreover, the dots apparently occur on the underside of the leaflets as well as on the upperside, which is incompatible with the normal occurrence of fern sporangia. The second possibility deserves more careful consideration, since it might be possible to interpret the dome-like elevations as glands which extruded a fluid by means of a central pore as visible in the shape of the central depression in the dome-

shaped elevations on the fossil. An obvious comparison could then be made with the rows of glands which have been reported to occur between the veins of *Mixoncra pfeilstickeri* (Beck) (compare Daber, 1958).

However, if the dome-shaped elevations on foliage of *Mixoncra matallanae* should be interpreted as glands, they could be expected to occur on all the specimens encountered, which is not the case. Although these structures often occur in great profusion on foliage of *Mixoncra matallanae*, they are not invariably present, so that they appear to be extraneous elements.

This observation brings us to a third possibility which may well furnish the most attractive explanation for the structures involved. It is known that fungal attack by rusts (S) in recent plants usually takes the shape of rounded areas in between the veins, where the epidermis of the host has been pushed up by the expanding mycelium which forms a commonly globose or flask-shaped spermogonium. The central depression on the uplifted epidermis, as observed on the specimens in hand, could possibly correspond to the ostiole of the spermogonium. It may be objected that the places of fungal attack are usually more or less scattered over the surface of the leaf of the host, whereas the small dome-shaped elevations appear to be quite solidly packed all over the leaf surface of the fossils in hand. This may be due to very intensive colonisation by the fungus, however.

Although this explanation seems quite attractive, it should be noted that the preservation of the fossil specimens is not good enough to permit a cuticle transfer which might provide conclusive evidence.

Evidence for fungal attack on Carboniferous leaves has been quoted repeatedly in the literature. Notable examples have been given by Schimper (1869) and H. Potonié (1893, p. 19).

#### Occurrence:

Remains of *Mixoncra matallanae* have been found in four localities, all of which represent measures of the San José formation (approximately middle Stephanian B). They are: tip of the mine La Gamonera, north of Llombera (*loc. 1075*); roof-shales of the seam Estrecha, as worked in the mine La Gamonera (*loc. 1320*); tip of the mine El Oro, in the head of the valley of Orzonaga (*loc. 1132*). Both the mines La Gamonera and El Oro

(S) The author is grateful to Dr. J. Webster, of the Department of Botany in the University of Sheffield, for kindly providing information on rusts as known on recent plants and for discussing some of the fossil specimens in hand. Responsibility for the remarks given in the present paper rests with the writer, however.

work measures in the southwestern part of the Matallana syncline in the Ciñera-Matallana coalfield (León). A fourth locality corresponds to roof-shales of a veinlet accompanying the seam Vulcano, in the valley of Fuentescala, in the eastern part of the coalfield.

### Formgenus *Reticulopteris* Gothan

#### Diagnosis:

Imparipinnate fronds which possess pinnules with a contracted base, either attached by a single point or more broadly adherent to the rachis, and a nervation characterised by a distinct midvein and anastomosing or pseudo-anastomosing laterals.

#### Remarks:

Gothan (1941, p. 427) introduced *Reticulopteris* for imparipinnate Neuropterids with anastomosed veins. Previously, these forms had been included with *Linopteris* Presl (or its synonym *Dictyopteris* von Gutbier), which was restricted by Gothan to paripinnate forms with anastomosed veins. The genus *Reticulopteris* was further discussed by Gothan (1953, p. 59), Gothan & Remy (1957, p. 133) and Remy (1959, p. 179). It had been created in the first place for *Reticulopteris münsteri* (Eichwald) Gothan, which has recently been shown by Josten (1962) to be linked by a series of transition forms with *Neuropteris (Mixoncra) obliqua* Brongniart. This beautiful series of transition forms demonstrates once again the artificial nature of formgenera based on the presence or absence of vein anastomoses.

No emphasis was placed at all on the neuropteroid or mixoneuroid attachment of the pinnules of *Reticulopteris*. In fact, the first two species assigned to *Reticulopteris* by Gothan (1941, p. 428) are *Reticulopteris münsteri* (Eichwald) which has a mixoneuroid attachment of pinnules, and *Reticulopteris germari* (Giebel) which has a more neuropteroid attachment formed usually by a single point at the base of the pinnule. Another species, *Reticulopteris odontopteroides* Remy 1953, shows even more broadly attached pinnules, because of which it has been tentatively referred to *Anastomopteris* by Wagner (1958).

***Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan**

Pl. 17, figs. 35-37.

*Selected synonymy:*

1857. *Lonchopteris germari* Giebel: Palaeontologische Untersuchungen. *Zeitschr. f. gesammten Naturwissenschaften*, X, p. 301-303, Taf. I.
1862. *Dictyopteris schützei* Roemer: Beiträge zur geol. Kenntnis des nord-westlichen Harzgebirges. *Palaontographica*, IX, p. 30, Taf. XII, fig. 1.
- 1864/65. *Sagenopteris taeniaefolia* Goepfert: Fossile Flora der permischen Formation. *Palaontographica*, XXI, p. 127, Taf. IX, figs 11-13 (quoted as *Sagenopteris Permica* Göppert in the plate explanation on page 308).
1888. *Dictyopteris schützei* Zeiller: Commentry, I, p. 273-279, Pl. XXX, figs. 6-10, Pl. XXXI, figs. 2-5.
1890. *Dictyopteris schützei* Zeiller: Autun-Épinaç, II, p. 158-160, Pl. XI, figs. 9-12.
1893. *Dictyopteris schützei* H. Potonié. Flora des Rothliegenden von Thüringen. *Abh. K. Preuss. Geol. Landesanstalt*, (N. F.), 9, p. 143-144, Taf. XVIII, figs. 2-7, Taf. XX, fig. 2.
1897. *Linopteris germari* H. Potonié: Lehrbuch, p. 154.
1901. *Dictyopteris schützei* de Stefani: Flore carbonifère e permiane della Toscana. *Publ. R. Ist. Studi Sup. Prat. Perf. Firenze, Sez. Sci. Fis. Nat.*, p. 56-57, Tav. VII, figs. 9-10.
1904. *Linopteris germari* H. Potonié: Abb. u. Beschr. foss. Pflanzen-Reste. *Lief. 11-30*, p. 1-5, fig. 1 (copies after Potonié, 1893, Taf. XVIII, figs. 2-6) figs. 3-4 (copies after Zeiller 1888, Pl. XXX, fig. 6 and Pl. XXXI, figs. 2-4), *non* fig. 2 (= *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier), according to Hartung, 1935, p. 91).
1906. *Linopteris germari* Zeiller: Blanzky et Creusot, p. 108-110, Pl. XXXII, fig. 4.
1930. *Linopteris germari* Dalloni: Etudes géologiques Pyrénées catalanes *Ann. Fac. Sci. Marseille*, XXVI, p. 94, 103.
1931. *Linopteris germari* H. Schmidt: Paläozoikum spanischen Pyreneen. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math-Phys. Kl.* (3), 5, p. 64 (cf.), p. 65.
1935. *Linopteris germari* Hartung: Westbalkan. *Palaontographica*, (B), LXX, p. 90-91, Taf. XIII, figs. 53-54.
1940. *Linopteris* cf. *germari* Teixeira: Estudos sobre Paleobotânica Portuguesa. *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ci. Porto*, XX, p. 17.
1940. *Linopteris gomesi* Teixeira: *Ibid.*, p. 17-18, Est. VI, figs. 1-5.
1941. *Reticulopteris germari* Gothan: Paläobotanische Mitteilungen, 5. *Paläont. Zeitschr.*, 22, p. 428.
1944. *Linopteris germari* Teixeira: O Antracólítico Continental Português, *Bol. Soc. Geol. Portugal*, V, 1-2, p. 74, p. 85, fig. 37.
1950. *Linopteris germari* Gómez de Llarena: Ciñera-Matallana (León). *Estudios Geológicos*, VI, 11, p. 77.
1952. *Linopteris germari* Pantić: Flore fossile entre Mlava et Pek (Serbie). *Ann. géol. Péninsule balcanique*, XX, p. 123, p. 105, fig. 12 (highly diagrammatic drawing of a pinnule).
1952. *Dictyopteris schützei* Menéndez Amor: Plantas fósiles permianas de Lérida. *Not. Com. Inst. Geol. Min. España*, 28, p. 4.
1957. *Linopteris brongniarti*? Revilla. in Comba, Revilla & Ríos, *non* von Gutbier: Flora carbonífera de Bibiles y Escanes (Huesca). *Not. Com. Inst. Geol. Min. España*, 45, p. 14, lám. II, fig. 2 (specimen inadequately preserved, but doubtfully referable to *R. germari* on the general aspect of the pinnules).
1957. *Linopteris germari* Vetter: Révision de la flore fossile de St. Pierre-la-Coeur (Mayenne). *Ann. Soc. géol. Nord*, LXVII, p. 114, Pl. XII, fig. 7.
1958. *Linopteris germari* Barthel: Stratigraphische und paläobotanische Untersuchungen im Rotliegenden Döhlener Beckens (Sachsen). *Jahrb. Staatl. Mus. Min. Geol.*, p. 36-40, Abb. 3, Taf. IX, figs. 1-3.
1959. *Linopteris germari* Wagner: Some Stephanian Pecopterids from NW. Spain. *Mededelingen Geol. Stichting*, (N. S.), 12 (1958), p. 8.
1959. *Reticulopteris (Linopteris) germari* W. & R. Remy: Pflanzenfossilien, p. 179-180, Abb. 152 a-c.
1962. *Linopteris germari* Barthel: Epidermisuntersuchungen. *Beihft Geologie*, 33, p. 31-32, Abb. 45-46, Taf. XXVII, figs. 1, 4, 6, Taf. XXVIII, figs. 1-6.

*N. B.* A complete synonymy of *Reticulopteris germari* has recently been published by Jongmans & Dijkstra (1960) in *Fossilium Catalogus, Plantae*, pars 44, p. 1456-1458 and pars 40, p. 1063-1064 (*Dictyopteris schützei*).

*Description of the specimens in hand:*

Rather fragmentary specimens showing linear-shaped pinnules of variable size (about 13 to 30? mm. long) with parallel borders and broadly rounded apices. The pinnules are usually attached by a single point and show a typical cordate base (cf. Pl. 17, figs. 35-36), but sometimes a part of the

basiscopic side of the pinnule may be fused with the rachis (cf. Pl. 17, figs. 37, 37a). The lamina of the pinnules may have been rather thick.

The midvein is distinct and persists throughout the main part of the pinnule, but gradually disappears near the pinnule apex. The lateral veins are completely anastomosed into rather short, somewhat elongate polygonal meshes which are almost perpendicular (about 80°) on the pinnule borders; thus reflecting a nervation consisting of gradually curving nervules which mainly follow a course at almost right angles to the pinnule border. The vein meshes are generally larger and relatively more elongate near the midvein (dimensions: about 1-1.5 mm. long and 0.5 mm. wide), whilst they are smaller and noticeably shorter near the pinnule borders (dimensions: about 0.8-1 mm. long and 0.3 mm. wide). There are usually about 4 vein meshes across the pinnule lamina between the midvein and the pinnule border. This number naturally varies with the size of the pinnule.

#### Comparisons:

*Linopteris brongniarti* (von Gutbier) may be a paripinnate form which has relatively more ovate pinnules with a less persistent midvein and more oblique laterals, forming generally more polygonal vein meshes than occur in *Reticulopteris germari* (Giebel).

*Linopteris obliqua* (Bunbury) has either rather small and linear pinnules or relatively larger, subfalcate pinnules which are characterised by more steeply ascending nervules than occur in *Reticulopteris germari* (Giebel). The latter species consequently possesses a more clearly marked midvein and more perpendicular laterals.

#### Discussion:

Although the remains described here are all rather fragmentary and show relatively small pinnules, it seems that the size and general shape of the pinnules fall well within the known range of *Reticulopteris germari* (Giebel). Moreover, they show the rather sturdy limb which is characteristic of this species and, above all, possess a well-preserved nervation which closely matches the nervation of known examples of *Reticulopteris germari*.

The small pinnules illustrated on Pl. 17, figs. 37, 37a, which show a somewhat mixoneuroid attachment to the rachis, may well have belonged to the apical part of a pinna such as has been figured by H. Potonié, 1893, Taf. XVIII, fig. 2.

#### Remarks on synonymy:

The synonymy of *Reticulopteris germari* (Giebel) has been repeatedly given in the literature and does not seem to present any outstanding difficulties. In fact, the clear-cut characteristics of the species apparently eliminate the possibility of confusion with any other species of *Reticulopteris* or *Linopteris*. The list of synonymy presented in the present paper reproduces the usual references towards the early determinations of the species, which has been described independently as *Lonchopteris germari* by Giebel (1857), *Dictyopteris schützei* by Roemer (1862) and *Sagenopteris taeniaefolia* by Goepfert (1864-65). The name *Lonchopteris* being reserved for *Alethopteris*-like pinnules with an anastomosing nervation, it is not surprising that Giebel's description of *Neuropteris*-like pinnules with anastomosed veins under the name of *Lonchopteris germari* Giebel attracted little attention, so that most authors followed the description of *Dictyopteris schützei* Roemer. Eventually, the existence of «*Lonchopteris*» *germari* Giebel was noticed by H. Potonié (1897, 1904), who correctly referred the species to *Linopteris* Presl, since *Dictyopteris* von Gutbier was not available due to homonymy, and placed *Dictyopteris schützei* Roemer in synonymy. Afterwards, the name of *Dictyopteris schützei* has been used only occasionally by authors, who were unaware of Potonié's work. More recently, Gothan (1941) has split off the imparipinnate forms of *Linopteris* (*sensu lato*) under the name of *Reticulopteris* Gothan (genotype: *Reticulopteris münsteri*) and cited «*Linopteris*» *germari* as one of the forms to be included with this genus. His example has since been followed by W. & R. Remy (1959). There is certainly an excellent case for separating imparipinnate *Neuropterid* foliage from paripinnate forms, which are different in the organisation of the frond as well as, probably, in the shape of the male fructifications.

In a paper on the Carboniferous flora of northern Portugal, Teixeira (1940) described as a separate species *Linopteris gomesi* Teixeira, which he considered different from «*Linopteris*» *germari* (Giebel) because of its usually detached pinnules of somewhat different shape and, particularly, because its midvein seemed to dissolve long before it attained the pinnule apex. Moreover, the vein meshes near the pinnule borders would be different in both species. The stated differences are slight and not seem to be readily apparent on the illustrations provided. The possibility remains that they reflect merely the variability in pinnule shape and venation which normally occurs in one and the same frond. It is here preferred to include *Linopteris gomesi* Teixeira with *Reticulopteris germari* (Giebel).

An effort has been made to include all those references in the list of synonymy, which show the occurrence of *Reticulopteris germari* (Giebel)



in different parts of Spain. Most of these records refer to the Pyrenees (Dalloni, 1930; H. Schmidt, 1931; Menéndez Amor, 1952; Comba, Revilla & Rios, 1957), whilst a very few specimens have been reported from the Cantabric-Asturian area in NW. Spain (Gómez de Llarena, 1950; Wagner, 1959). With the exception of the rather badly figured specimen in Comba, Revilla & Rios' paper, none of these records have been substantiated by illustrations.

#### Occurrence.

*Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan is widely distributed throughout Middle and Upper Stephanian as well as Autunian rocks in Europe. It has been recorded with certainty from Central Germany (*locus typicus*), Yugoslavia, Tuscany (Italy), France, Portugal and northern Spain. Its total range is from high Stephanian A to Autunian, but its main occurrence seems to be in Stephanian B-C and Autunian strata.

In NW. Spain, *Reticulopteris germari* has been found once in high Stephanian A beds of the Barruelo formation in northeastern Palencia, where a single well-preserved pinnule occurred. It was also found in middle Stephanian B measures of the Ciñera-Matallana coalfield (León), where the species was first recorded by Gómez de Llarena (1950) and subsequently by the present author. Despite heavy collecting in Stephanian B and C strata in various parts of the Cantabric-Asturian area, it has only been possible to find a few detached pinnules of *Reticulopteris germari* in a single locality (loc. 1259) of outcropping silty shales in the barren San José formation of the northern part of the coalfield of Ciñera-Matallana (9). The same locality also yielded specimens of *Neuropteris auriculata* Brongniart, *Neuropteris gallica* Zeiller and *Neuropteris praedentata* Gothan, all of which are well-known high Stephanian species which proved exceedingly uncommon in Stephanian B-C measures of NW. Spain. On the other hand, the cited elements as well as *Reticulopteris germari* have been reported rather frequently from northern Portugal and Central France, which contain beds of the same general age. It seems likely that the flora of locality 1259 in the Ciñera-Matallana coalfield represents a special facies assemblage which may have lived under somewhat drier conditions than the usual Stephanian B-C elements in NW. Spain. The matter of environmental conditions controlling

(9) Further investigations during the summer of 1963 have yielded another locality in the Ciñera-Matallana coalfield, where fragments of *Reticulopteris germari* (Giebel) have been found. Also in this case they occurred in association with *Neuropteris auriculata* Brongniart, so that the impression of a particular type of plant assemblage has been strengthened. The locality was found in the Bienvenidas formation (loc. 1432). No illustrations of the specimens from this locality could be provided. They represented examples of markedly larger pinnules than those found previously in locality 1259 (Pl. 17, figs. 35-37).

certain facies assemblages in Carboniferous floras has recently received a good deal of attention in the literature, particularly with regard to problems of correlation. There will be opportunity to return to this problem in the more general chapters at the end of the complete work on the floras of Ciñera-Matallana (León) and neighbouring outliers.

#### Family *Rachivestitaceae* Corsin, 1960

Subarborescent plants with large fernlike fronds consisting of a primary rachis subdivided by unequal dichotomies into alternate pinnae. No intercalated pinnae occur, but intercalated pinnules are commonly present on the rachis of the penultimate order. Pinnae are terminated by pinnules in pairs (paripinnate habit). Pinnules are attached by a single point (midvein) forming the centre of a cordate base. Nervules are either free or anastomosed. Male fructifications (where known) consist of shallow cup-shaped, hollow synangia of the *Potoniæa* type. Seeds (ovules) are of *Hexagonocarpus* or *Hexapterospermum* type, with a micropylar beak.

The foregoing diagnosis, after Corsin (1960, p. 570), formally describes a group of fossil fernlike foliage which had been set apart as the *Neuropterides paripinnatae* by Gothan (1913, 1953), and as the group of the *Neuropteridées rachivestitées* by P. Bertrand (1930). Especially the paripinnate habit of the pinnae forms a very distinctive characteristic of this group of Neuropterid foliage. As an additional feature, it may be noted that the pinnules of the *Rachivestitaceae* easily became detached, so that they are usually found scattered on the bedding planes of the rock as isolated pinnules. The studies of Halle (1933), on male fructifications of Pteridosperms have further indicated that the paripinnate Neuropterids may well constitute a natural group which may coincide with the *Potonicinae* Halle, as defined on male synangia.

The following leaf genera have been assigned to the *Rachivestitaceae* by P. Corsin (1960) and, indirectly, by W. Gothan (1941, 1953):

Formgenus: *Paripteris* Gothan 1941 (ex. *Neuropteris* Brongniart *pars*).

Formgenus: *Linopteris* Presl *pars emend.* Gothan 1953.

The genus *Paripteris*, referring to paripinnate Neuropterid foliage with freely branching nervules, mainly occurs in Upper Namurian and Westphalian strata. Only *Paripteris? scheuchzeri* (Hoffmann) Gothan, which has been referred to the *Rachivestitées* by P. Bertrand (1930), extends its occurrence into middle Stephanian A in NW. Spain and even persists into high Stephanian and possible Autunian beds in North America (cf. Darrach, 1937, p. 119).

The formgenus *Linopteris* Presl *emend.* Gothan, as applied to paripinnate Neuropterids with anastomosed veins, first appears in Lower Westphalian times and persists throughout the Stephanian.

### Formgenus *Linopteris* Presl *pars emend.* Gothan

#### *Diagnosis:*

Paripinnate fronds which possess pinnules with a typical cordate base, attached by a single point to the rachis, and a nervation consisting of a usually quite rapidly dissolving midvein and fully anastomosed laterals. The pinnules may be rather variable in shape and dimensions due to different positions in the frond and, particularly, because of the presence of intercalated pinnules on the rachis of the penultimate order. The pinnules are usually found detached.

#### *Remarks:*

The genus *Linopteris* Presl (as well as its synonym *Dictyopteris* von Gutbier) has commonly been employed for any Neuropterid foliage showing anastomosed or pseudo-anastomosed veins. Since 1941, Gothan has restricted the genus to paripinnate forms.

There are a number of species of *Linopteris* occurring in the Upper Carboniferous of NW. Spain. An important element is *Linopteris obliqua* Bunbury (cf. Jongmans, 1951, 1952; Wagner, 1963) which is one of the predominant species in the Westphalian C and D floras of the Central Asturian coalfield. The highest Westphalian D in NW. Spain is characterised by a species resembling *Linopteris neuropteroides* var. *minor* H. Potonié and the highest Westphalian and lower Stephanian A contains a probable new species (see Kanis, 1956, Pl. 2, fig. G; 1960, lám. III, fig. G) which is comparable to a certain extent with *Linopteris brongniarti* (von Gutbier). One of the most common elements is *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) which is particularly frequent in Stephanian A and B strata, although its total range is from Westphalian A (La Camocha formation in Asturias) to Stephanian C (Villablino coalfield, León). *Linopteris neuropteroides* also occurs rather commonly in the Ciñera-Matallana coalfield and its outliers.

### *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) H. Potonié

Pl. 17, figs. 38-39a; Pl. 18, figs. 40-44a

#### *Selected synonymy:*

1855. *Dictyopteris neuropteroides* von Gutbier, in Geinitz: Die Versteinerungen der Steinkohlenformation in Sachsen, p. 23, Taf. XXVIII, fig. 6.
1899. *Linopteris neuropteroides* H. Potonié: Lehrbuch, 2, p. 154.
1899. *Linopteris neuropteroides* Zeiller: Héraclée, p. 48, textfig. 10 (nerivation diagram of von Gutbier's type specimen).
1904. *Linopteris neuropteroides* var. *major* H. Potonié: Abb. u. Beschr. foss. Pflanzen-Reste, Lief. II-28, p. 2 (all the figured specimens are *L. neuropteroides* var. *minor* Potonié).
1930. *Linopteris neuropteroides* var. *major* P. Bertrand: Neuroptéridées, p. 34, Pl. XVII, figs. 4, 4a.
1938. *Linopteris neuropteroides* var. *major* Bell: Sydney Coalfield, Nova Scotia. Mem. Geol. Survey Canada, 215, p. 66, Pl. LXI, figs. 1-4.
1942. *Linopteris* cf. *neuropteroides* Teixeira: Elementos para o estudo da flora fóssil do Autuniano do Buçaco. Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ci. Pôrto, XXVII, p. 22-23, Est. IX, figs. 1-6.
1944. *Linopteris neuropteroides* forma *latencervosa* Teixeira: O Antracólítico Continental Português. Bol. Soc. Geol. Portugal, V, 1-2, p. 91, fig. 50 (same plate as published in 1942).
1953. *Linopteris neuropteroides* Gothan: Die Steinkohlenflora der westlichen paralischen Steinkohlenreviere Deutschlands, 5. Beiheft Geol. Jahrbuch, 10, p. 66-68, Taf. 40, figs. 1, 1a.
1955. *Linopteris neuropteroides* Daber: Pflanzengeographische Besonderheiten des Zwickau-Lugauer Steinkohlenreviers. Beiheft Geologie, 13, p. 36, Taf. XV, figs 4-5.
1957. *Linopteris neuropteroides* Daber: Parallelisierung der Flöze des Zwickauer und des Lugau-Oelsnitzer Steinkohlenreviers. Beiheft Geologie, 19, p. 40, Abb. 1 b, p. 42, Abb. 2; p. 56-57, Abb. 5-6; Taf. IV, Bild 2.
1959. *Linopteris neuropteroides* W. & R. Remy: Pflanzenfossilien, p. 183, 185, Abb. 156 a-c.
1959. *Linopteris neuropteroides* Crookall: Fossil Plants (2<sup>d</sup> edition). Mem. Geol. Survey Gr. Britain, Pal., IV -2, p. 209-211, textfig. 71

(copy after Zeiller, 1899, fig. 10), textfig. 72 D, Pl. XLVIII, fig. 4.

1962. *Linopteris neuropteroides* Barthel: Epidermisuntersuchungen. *Beihft Geologie*, 33, p. 33-34, Abb. 49-50, Taf. XXVIII, figs. 7-8, Taf. XXIX, figs. 1-7.

N. B.: An extensive synonymy up to 1944 has been published by Crookall (1959, p. 209). A complete synonymy with critical remarks moreover appeared in Jongmans & Dijkstra (1960): *Fossilium Catalogus*, pars 44, p. 1462-1465.

*Description of the specimens in hand:*

Detached pinnules of typical subfalcate habit, with parallel borders and a bluntly pointed apex. They usually have a very slender aspect (dimensions: about 20-30 mm. long and 6-9 mm. broad). The base of the pinnules is rounded at both sides.

The nervation is characterised by a thin midvein and steeply ascending laterals which reach the pinnule border obliquely. The lateral veins are completely anastomosed into a network of typically elongate, rather narrow meshes (dimensions: about 1-3 mm. long and 0.3-0.5 mm. wide). The meshes become shorter towards the pinnule borders (as usual in *Linopteris*).

*Remarks:*

The ubiquitous type *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) is quite easily recognised and does not usually present difficulties of identification. The original type specimen as figured by von Gutbier has served as the basis for a diagrammatic representation of its nervation by Zeiller (1899, p. 48, fig. 10). It shows the same shape of pinnule and dimensions of the vein meshes as observed in the specimens from the Ciñera-Matallana coalfield and its outliers. Other specimens of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) from the type region in Saxony have been photographically reproduced by Daber (1955, 1957). They show the characteristic subfalcate shape of the pinnules which is also indicated in the specimens figured and described here.

According to H. Potonié (1904), it is possible to make a distinction between the usually rather long and slender pinnules of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) (var. *major* H. Potonié) and a special type of shorter,

more straight-sided pinnules (var. *minor* H. Potonié). Both forms would be characterised by the same kind of venation. It is interesting to note that Daber (1955, 1957), in his discussion of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) from the type area (Zwickau and Lugau coalfields in Saxony), indicates the practical absence of *Linopteris neuropteroides* var. *minor* H. Potonié from this region. On the other hand, *Linopteris neuropteroides* var. *minor* is stated to be the dominant form in the Saar Region (cf. P. Bertrand, 1930). Consequently, it seems as if both forms had a more or less independent existence, although they both occur in rocks of the same Upper Westphalian age in, respectively, Saxony and the Saar. Potonié's var. *major* is synonymous with the typical form of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) as defined in the type area. The varietal name therefore appears to be superfluous and is in fact not commonly employed. *L. neuropteroides* var. *minor* H. Potonié constitutes a different case, since it may be a special type of *Linopteris* which is closely related to, but not identical with, *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) proper.

Teixeira (1944) has distinguished a special form of the species, viz. *Linopteris neuropteroides* forma *latenervosa* Teixeira. According to the description of these forms (Teixeira, 1942, p. 22-23), they would be characterised by extremely long (up to 60 mm.) and narrow, falcate or subfalcate pinnules with a rather indistinct midvein and numerous oblique laterals forming elongate, narrow vein meshes. The name selected by Teixeira moreover tends to suggest that the vein meshes are wider in the forma *latenervosa* than they are in *Linopteris neuropteroides* proper. In material of *Linopteris neuropteroides* from the Stephanian coal-measures of NW. Spain it has often been observed that the vein meshes tend to become relatively wider than they are in typical specimens of this species as figured from the type area in Saxony. Although there is obviously a very gradual transition between the typical form and the one showing larger vein meshes, it may be warranted to conclude on a varietal distinction between the two forms. It is consequently proposed here to regard Teixeira's form as a special variety of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier), which will be further discussed as *Linopteris neuropteroides* var. *laternevosa* Teixeira in the following pages.

*Stratigraphic distribution:*

*Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) is a long-ranging species which occurs from Westphalian A to Autunian (compare, respectively, Gothan, 1953 and Teixeira, 1942, 1944). Locally, however, it may have a more restricted range (cf. Daber, 1957).

In NW. Spain, *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) has been found mainly in strata of Stephanian A and B ages. Although it occurs as well in strata of Westphalian C and D ages in the Central Asturian coalfield, it is overshadowed to a remarkable extent by *Linopteris obliqua* (Bunbury) in those rocks. *Linopteris neuropteroides* var. *minor* H. Potonié has been recorded by the writer from late Westphalian D and early Stephanian A rocks in northeastern León (Wagner, 1959, 1962), but the nervation of these specimens is wider than it should be in *L. neuropteroides*, so that they may eventually have to be described as a new variety. More convincing examples of *Linopteris neuropteroides* var. *minor* H. Potonié occur in pre-Leonian rocks of Upper Westphalian (C/D) age in the same area (Wagner, 1962).

*Occurrence in the Ciñera-Matallana coalfield and its outliers:*

The typical form of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) was found in a large number of localities in the Ciñera-Matallana coalfield and neighbouring areas, viz. *loc. 355*: east of the Cueto de San Mateo; *loc. 356*: on the tip of the mine «Conchita», near Llombera; *loc. 1134*: at Tabliza, below seam O of the La Competidora complex; *loc. 1136*: below seam O in the workings of La Competidora; *loc. 339*: tip of the seam Pastora; *loc. 1141*: roof of La Competidora, in the lower coal-bearing formation; *loc. 351 = 1143*: tip of the mine «Ibarra», which works the lower coal-bearing formation in the Vegacervera and Bernesga synclines; *loc. 1242*: shales at 2.15 metres below the seam Roguera, southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1244*: Anthraconauta band at 0.60 metres above the seam Roguera, southern flank of Vegacervera syncline; *loc. 1257*: shales of the San José formation, southern flank of Vegacervera syncline; *loc. 1259*: outcropping shales of the barren San José formation in the southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1268*: lower part of the Bienvenidas formation in the southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1271*: Bienvenidas formation, southern flank of Vegacervera syncline; *loc. 1266*: about 20 to 25 metres below the seam Nieves, in the region of Coladilla; *loc. 1158*: tip of the mine at Coladilla; *loc. 1322*: roof of lower coal-bearing formation, about 160 metres north of Orzonaga; *loc. 926*: exposures east of Vegacervera; *loc. 1063-64*: outcropping shales west of Villar del Puerto.

The species thus occurs throughout the Stephanian succession in the Ciñera-Matallana region. *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) had previously been recorded from Ciñera-Matallana by Gómez de Llerena (1950, p. 77).

***Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira**

Pl. 18, figs. 40-44a.

*Diagnosis:*

Pinnules of the same shape and dimensions as *Linopteris neuropteroides* proper, but characterised by a wider nervation. The vein meshes may be up to 3 mm. long and 0.4-0.5 mm. wide.

*Remarks:*

In the description given by Teixeira (1942, p. 22), it has been mentioned that the pinnules may be very long and slender, up to 60 mm. in length. None of the specimens illustrated by Teixeira (1942, Est. IX, figs. 1-6; 1944, fig. 50) show this excessive length however. On the whole, it seems that the specimens illustrated by Teixeira fall within the accepted range of size and dimensions of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier). The only difference may be found in the nervation which shows a general tendency towards wider vein meshes in *L. neuropteroides* var. *latenervosa*. In the specimens figured on Teixeira's plate there seems to be a certain amount of variability with regard to the nervation. His figures 1, 2, 4 and 5 seem to show a nervation which is closely comparable to that of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) proper. The specimen illustrated on Est. IX, fig. 2, 2a has a wider venation, however, and it is consequently proposed here to regard this specimen as the holotype of the var. *latenervosa* Teixeira. The examples published in the present paper show even clearer evidence of a venation which consists of considerably wider meshes than occur in typical specimens of *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier). It is noted that these examples identified with *L. neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira usually occur together with quite typical specimens of this species and it may well be supposed that the variety slowly individualised itself from typical *Linopteris neuropteroides* in the course of Stephanian times. The variety thus may be characterised by a gradual shift in the variability of the species towards relatively larger vein meshes, although the smaller vein meshes of the typical form may still occur in some pinnules of the same frond.

It is possible that *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira is synonymous with *Linopteris duplex* P. Bertrand (*in* Němejc, 1936: Velebit



Mts. p. 9, Pl. II, figs. 9-12). This species, which was based on some unpublished specimens from the Rive-de-Gier beds at Grand Combe, near Alès, Central France, has been first illustrated by Němejc after specimens from the Stephanian of Yugoslavia. The validity of *Linopteris duplex* P. Bertrand, which has never been formally described, is in doubt however.

*Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira is similar to certain examples of *Linopteris elongata* Zeiller, from the Upper Westphalian of northern Anatolia, Turkey (Zeiller, 1899, p. 49, Pl. IV, figs. 12, 12 A). This species is reported to have even larger vein meshes, up to 6 mm. in length, but certain specimens with vein meshes of about 3 mm. length (cf. Jongmans, 1939, fig. 29) may be almost indistinguishable from *L. neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira. Possibly, the venation is even more steeply inclined in *Linopteris elongata* Zeiller.

*Linopteris weigeli* Sterzel (cf. Daber, 1955, Taf. XIX, figs. 1, 3) also possesses larger vein meshes than those of *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira and, moreover, has strikingly larger pinnules. *Linopteris weigeli* occurs in the Westphalian D of Zwickau-Lugau in Saxony.

#### *Occurrence in the Ciénra-Matallana coalfield and its outliers:*

The variety *latenervosa* Teixeira often occurs in the same localities where also *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) proper has been recorded. In other localities only the variety has been found. Altogether, the following localities provided specimens of the variety *latenervosa*: *loc. 360*: south of Pola de Gordón; *loc. 1242*: 2.15 metres below the seam Roguera, southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1255*: basal part of the barren San José formation in the southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1259*: San José formation in the southern flank of the Vegacervera syncline (together with the typical form of *L. neuropteroides*); *loc. 1276* and *loc. 1277*: Bienvenidas formation in the southern flank of the Vegacervera syncline; *loc. 1266*: about 20 to 25 metres below the seam Nieves, in the region of Coladilla (together with the typical form of *L. neuropteroides*); *loc. 1321*: Roguera formation, roof of the coal-seam in the road-cutting southeast of Pola de Gordón.

#### **Family *Odontopteridaceae* Corsin, 1960**

Subarborescent forms with fairly large fronds characterised by a main rachis with cyclopteroid pinnules showing an irregularly serrated border. The main rachis bifurcates into two primary rachis of equal strength on

which intercalated pinnae and pinnules may occur. The primary rachis give rise to alternate pinnae which possess obliquely inserted pinnules attached by the entire base. The nervation of the pinnules is characterised by subequal nervules arising directly from the rachis or by the presence of a hardly expressed midvein with subsidiary veins at both sides. The nervules may be free or anastomosing. Seeds described from one species occur at the basis of pinnae of the last order. Male fructifications are still unknown (description mainly after Corsin, 1960, p. 571).

The family *Odontopteridaceae* shows strong analogies with the family *Cyclopteridaceae*, with which it shares the same organisation of the frond.

As in other members of the Pteridospermales there are two formgenera recognised on the basis of free and anastomosed veinlets, respectively. They are:

formgenus: *Odontopteris* Brongniart 1828 (with free veins).

formgenus: *Anastomopteris* Wagner 1958 (with anastomosed veins).

Members of the formgenus *Odontopteris* occur from the Westphalian C onwards into the Permian and seem to be particularly common in Stephanian rocks. *Anastomopteris* has only been recorded with a single specimen from the upper Westphalian of Azdavay in northern Anatolia (Turkey).

The general organisation of the frond of the *Odontopteridaceae* is known mainly after a reconstruction of *Odontopteris minor* (= *Odontopteris minor* forma *zeilleri* H. Potonié) by Zeiller (1900: *Éléments de Paléobotanique*, p. 100, fig. 73), which has been widely copied in the literature. The reconstruction was based on large specimens from the coalfield of Blanzky, in France (Zeiller, 1906, Pls. XIX-XXIII). It showed the main rachis bifurcating into two subequal branches (rachis of the first order) which formed bipinnate segments on the external side of the frond and monopinnate segments on the internal side. The main rachis as well as the early portions of the rachis of the first order appeared with two rows of subopposite, cyclopteroid pinnules with typically jagged, irregularly serrated borders.

The fructifications of *Odontopteridaceae* are generally unknown, with the exception of the seeds of *Odontopteris bourranensis* Doubling & Vetter, which have been described as small ovoid bodies inserted at the base of pinnae of the last order (Doubling & Vetter, 1952, Pl. 4, fig. 1; Doubling, 1956, p. 118, fig. 15 B).

Representatives of *Odontopteris* are generally common in the Stephanian rocks of N. W. Spain. Not so many specimens have been found yet in the Stephanian B coal-measures of Ciénra-Matallana, however. *Anastomopteris* has been doubtfully mentioned from the outlier at Villar del Puerto

(León), but the specimen in question is too badly preserved to allow a definite identification to be made (cf. Wagner, 1963, p. 106).

### Formgenus *Odontopteris* Brongniart

#### Diagnosis:

Rather large fronds with a forked main rachis and pinnate segments. Cyclopteroid pinnules with an irregularly serrated border occur on the rachis. The pinnules typically show a forward inclination. They are inserted obliquely on the supporting rachis and are either confluent at the base or at least inserted by the entire width of the base. Nervation characterised by the absence or near-absence of a midvein and the presence of steeply ascending, almost parallel veinlets derived immediately from the rachis and forking at irregular intervals.

#### Remarks:

The genus *Odontopteris* is well-characterised and does not usually present any problems of identification. As occurs in other groups of fernlike foliage, it is possible that *Odontopteris* also represents several more natural groups of plants. An interesting distinction has been made by J. Doubinger (1956), who distinguished between — 1: forms with pointed pinnules and — 2: forms with rounded pinnules. The first group contains *Odontopteris brardii* Brongniart and *Odontopteris genuina* Grand'Eury. They are in fact the most characteristic elements of *Odontopteris* and correspond to the subgenus *Xenopteris* of Weiss (1870: Studien über Odontopteriden). The second group comprises *Odontopteris subcrenulata* (Rost), *Odontopteris osmundaeformis* (von Schlotheim) etc., and seems to identify with some part of *Mixoneura* Weiss in the restricted sense. Doubinger (1956, p. 115) remarked that the two groups of *Odontopteris* did not correspond to the subgenera (or genera) distinguished by Weiss, but this remark may be based on the recognition of *Mixoneura* as an intermediate genus between *Neuropteris* and *Odontopteris*, whereas such a genus may well be set apart under the name of *Neuroodontopteris* H. Potonié (compare page 9).

### *Odontopteris brardii* Brongniart

Pl. 19, figs. 45-47

#### Selected synonymy:

1822. *Filicites (Odontopteris) brardii* Brongniart: Classification. *Mém. Mus. Hist. Nat. Paris*, VIII, p. 34, 89, Pl. II, fig. 5.

1831. *Odontopteris brardii* Brongniart: Histoire des Végétaux fossiles, I, p. 252-253, Pls. 75-76.
1888. *Odontopteris minor* Zeiller, non Brongniart: Commentry, p. 215-219, Pl. XXV, figs. 3-5.
1892. *Odontopteris brardi* Zeiller: Brive, p. 39-41, Pl. VIII, fig. 7.
1903. *Odontopteris minor* forma *zeilleri* H. Potonié: Abb. u. Beschr. foss. Pflanzen-Reste, Lief. 1-13, p. 1-6, figs. 1-3.
1906. *Odontopteris minor* Zeiller, non Brongniart: Blanzy et Creusot, p. 82-86, Pls. XIX-XXII.
1941. *Odontopteris brardi* Teixeira: Novos subsídios para o estudo da flora fóssil do Estefaniano duriense. *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ci. Pôrto*, XXIV, p. 10, Est. II, figs. 3, 3 a.
1942. *Odontopteris brardi* Teixeira: Antracólítico do Bussaco. *Com. Serv. Geol. Portugal*, XXII, p. 32, Est. VII, figs. 1-2.
1949. *Odontopteris brardi* Němejc: Odontopterides and Mixoneurae of Bohemia. *Sbornik Nár. Musea v Praze (Acta Mus. Nat. Pragae)*, V, 1, p. 11-12, Pl. II, figs. 4, 6-10.
1952. *Odontopteris* cf. *minor* Menéndez Amor & Jongmans, non Brongniart: Contribution à la flore carbonifère des Asturies. *C. R. 3<sup>e</sup> Congrès Carbonifère, Heerlen 1951*, II, p. 460-461, Pl. 22, figs. 7, 7 a.
1956. *Odontopteris minor-zeilleri* Doubinger: Flores autuno-stéphaniennes. *Mém. Soc. géol. France*, (N. S.), XXXV, p. 116-117, Pl. XIII, fig. 4, Pl. XIV, fig. 2.
1956. *Odontopteris brardi* Doubinger: Flores autuno-stéphaniennes, p. 117.
1956. *Odontopteris brardi* Wagner, in Anónimo: Flora característica de la cuenca de Villablino (León). *Minero Siderúrgica de Ponferrada*, S. A., Lámina 17.
1959. *Odontopteris minor* forma *zeilleri* W. & R. Remy: Pflanzenfossilien, p. 190, Abb. 159 a-b.
1959. *Odontopteris brardi* W. & R. Remy: Pflanzenfossilien, p. 192, Abb. 162.
1960. *Odontopteris brardi* Jongmans: Karbonflora der Schweiz. *Beiträge Geol. Karte Schweiz*, (N. F.), 108, p. 63-64, Taf. 24, figs. 135-136, Taf. 25, figs. 137-141 a, Taf. 26, fig. 142.

#### Description:

Frond rather large, bifurcate at the base and tripinnate in the two branches.

Terminations of pinnae consist of an aggregate of long, ribbon-like seg-

ments formed by the fusion of pinnules in the ultimate parts of pinnae of the last order.

*Raches* fairly stout or relatively slender, depending on the position in the frond. The main raches are about 5 to 10 mm thick (up to 12 mm thick in Brongniart's type-specimen) and the raches of the last order are usually about 0.5 to 1 mm wide. They are rather coarsely grooved.

*Pinnac* of the last order are very gradually tapering towards a slender terminal, in which the pinnules are progressively more fused. A usually rather broad, square-looking pinnule with a somewhat flared apex occurs in an axillary position between the basal catadromous side of the pinna and the rachis of the penultimate order. Towards the top of the pinnae of the penultimate order the shape of the basal catadromous pinnule changes towards a more ovoid outline.

*Pinnules* are inserted by the entire base, which is often somewhat confluent with that of the adjoining pinnules. They are typically oblique to the supporting rachis. The shape of the pinnules is highly asymmetrical, subfalcate, with parallel borders and a tapering, rounded apex which is drawn out on the acroscopic side. Large *Cyclopteris* with a serrated border occur at the basis of the frond.

*Midvein* is virtually absent or faintly indicated in the extreme base of the pinnules.

*Nervules* subparallel, steeply ascending from the midvein (if present) as well as from the supporting rachis at both the basiscopic and acroscopic sides of the pinnule. They bifurcate once or twice at irregular intervals.

#### Diagnosis:

The species is mainly characterised by its oblique, asymmetrical, subfalcate pinnules with steeply ascending nervules derived partly from an extremely short midvein (if present at all) and partly from the supporting rachis. It is also distinguished by slender pinnae of the last order, with a long, drawn-out terminal formed by gradually fusing pinnules.

#### Comparisons:

*Odontopteris minor* Brongniart (= *O. minor* forma *brongniarti* H. Potonié) is characterised by more slender, ovoid pinnules which are markedly different from the relatively broader, almost parallel-sided pinnules of *Odontopteris brardi* Brongniart (= *O. minor* forma *zeilleri* H. Potonié).

A comparable form is *Odontopteris reichiana* von Gutbier (cf. Daber, 1955) which has mainly pinnules similar to those of *Odontopteris brardi*.

However, at the basis of the pinnae in *Odontopteris reichiana* there is a tendency for lobing of the pinnules which is not so apparent in *Odontopteris brardi*. After a discussion presented by Doubinger (1956, p. 116), it is also possible that the pinnules of *Odontopteris reichiana* are broader in relation to their length than those of *Odontopteris brardi* (= *O. minor-zeilleri*). This distinction is based on a characteristic of variable nature however. It is possible that the two forms are closely related and it has in fact been suggested by Corsin (in discussion Doubinger & Vetter, 1957) that *Odontopteris minor-zeilleri* might have issued from *Odontopteris reichiana*, as the result of evolution.

#### Remarks:

In his classical work on the «Histoire des Végétaux fossiles», Brongniart has figured some pinnae of *Odontopteris brardi* Brongniart which apparently represent fragments of the lower part of the frond. They are characterised by extremely thick raches with large, massive-looking pinnules. Although these fragments are highly characteristic and thus seem admirably suited as types for a species, it may be doubted that they represent the full range of variability of pinnae and pinnules in a large frond.

Subsequently, Zeiller (1888) figured some fragments of pinnae with thinner raches and markedly smaller pinnules, which he referred to *Odontopteris minor* Brongniart. It was pointed out by H. Potonié (1903) that this identification was incorrect, since *Odontopteris minor* Zeiller (non Brongniart) shows almost parallel-sided pinnules with bluntly pointed apices, as opposed to the more readily tapering, acute pinnules of *Odontopteris minor* Brongniart. Potonié also mentioned a difference in the relative dimensions of the pinnules and drew attention to the fact that the pinnae of *Odontopteris minor* Zeiller are more closely spaced than those of *Odontopteris minor* Brongniart. Consequently, he proposed to distinguish between two different forms which he named *Odontopteris minor* forma *zeilleri* and *Odontopteris minor* forma *brongniarti*. This distinction is now generally accepted (cf. Doubinger, 1956, p. 117).

It may however be observed that *Odontopteris minor* forma *zeilleri* H. Potonié shows generally the same features as *Odontopteris brardi* Brongniart, with the exception of the size of the raches and the pinnules being larger in *Odontopteris brardi*. In fact, it has become customary in the literature to classify relatively large and broad pinnules with correspondingly rather blunt apices as *Odontopteris brardi*, whereas pinnae characterised by relatively smaller and narrower pinnules with consequently more acute apices are referred to *Odontopteris minor* forma *zeilleri*. It is true that the remarkably complete specimens figured by Zeiller (1906) from the coalfield

of Blanzky, show relatively small pinnules even in the lower parts of the frond. However, is it perhaps possible that Zeiller's specimen represents a very small frond? The degree of variability observed in this type of *Odontopteris* is usually rather high, which tends to indicate a fairly large and diversified frond. The individual fronds may well have varied in size and the pinnules in the basal part of a large frond might be expected to be generally larger than those in the lower part of a small frond. On the whole, the criterion of size has to be used with considerable caution.

In the rocks of middle Stephanian age in N. W. Spain a relatively small number of pinnae exhibiting the usual characteristics of *Odontopteris brardi* Brongniart are often found intermingled with predominant fragments of pinnae referable to *Odontopteris minor* forma *zeilleri* Potonié. In view of this common association, it is here proposed to unite the two forms under a single species which, by priority, should be called *Odontopteris brardi* Brongniart.

It has been mentioned by Doubinger (1956, p. 117) that specimens with relatively large pinnules are very abundant in the type region of *Odontopteris brardi*, i. e. in the basin of Terrasson in France. This observation may perhaps indicate the presence of an ecological variety with very large fronds in Terrasson. The dimensions of the specimen figured by Brongniart on his Plate 75 would probably support this conclusion. However, such an ecological variety, distinguished on the basis of size only, cannot be differentiated on the species level.

The rich material of *Odontopteris brardi* Brongniart, which has been collected in several parts of the Cantabric-Asturian area and, particularly, on the Pass of Leitariegos and in the upper part of the succession in the coalfield of La Magdalena, will be documented in the future. Relatively few specimens have been found in the Ciñera-Matallana coalfield and its outliers. Those specimens all show the smaller, relatively narrow type of pinnule which has usually been associated with the name *Odontopteris minor* forma *zeilleri* H. Potonié.

#### *Stratigraphic distribution:*

Some remarks on the distribution of *Odontopteris* in N. W. Spain have already been given in Wagner, 1958. *Odontopteris brardi* Brongniart has generally been found in strata of Stephanian B and C ages. Less numerous specimens of *Odontopteris brardi* (recorded previously as *Odontopteris minor zeilleri* Potonié) have also been found in Stephanian A rocks of northern Palencia and northeastern León. They are preceded in time by even rarer forms which have been tentatively assigned to *Odontopteris reichiana* (von Gutbier).

#### *Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:*

Specimens of *Odontopteris brardi* Brongniart were collected northeast of Pola de Gordón (*loc. 1076*), east of the Cueto de San Mateo (*loc. 1138*), valley of Faya (*loc. 1067*), tip of the seam Pastora (*loc. 339*), tip of the seam Umbelina (*loc. 1137*), tip of the colliery Ibarra (*loc. 351*), roof-shales of the main seam in the Ibarra colliery (*loc. 1202*), tip of the mine at Coladilla (*loc. 1158*), tip east of Villar del Puerto (*loc. 1057*), roof-shales of a coal smut in the Lower Coal-Bearing formation which crops out in the path leading to the workings of Bardaya (*loc. 1319*), etc.

(to be continued).

Recibido el 17 julio 1963.

#### EXPLANATION OF PLATES

(Explicación de las láminas)

All the figures are natural size, unless stated otherwise. The figured specimens are all to be deposited in the collections of the Institute «Lucas Mallada» of the Scientific Research Council (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) in the National Museum for Natural History, Paseo de la Castellana, 84, Madrid. Duplicates and counterparts of figured material are housed in the Department of Geology, University of Sheffield, England. Photographs are due to Mr. B. Pigott (Sheffield). Grateful acknowledgement is made of a grant from the Research Fund of the University of Sheffield, in aid of expenses incurred for the reproduction of the plates which accompany the present contribution.

\* \* \*

Todas las figuras están a tamaño natural, salvo indicación contraria en las explicaciones de láminas. Los ejemplares correspondientes podrán verse en el Instituto «Lucas Mallada» del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Paseo de la Castellana, 84, Madrid. Material duplicado y contrahuellas de algunos de los ejemplares figurados están guardados en el Department of Geology, Universidad de Sheffield, Inglaterra. Las fotografías se deben todas al Sr. B. Pigott (Sheffield). Expresamos nuestro agradecimiento hacia la Universidad de Sheffield por una ayuda económica para la reproducción en fototipia de las láminas adjuntas a esta contribución.

## PLATE (LÁMINA) 10

Fig. 21. *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (syntype).

Various pinna fragments, showing a certain amount of variability in the size and shape of the pinnules.

Origin: tip of the mine «San Francisco», near Correcillas, in the extreme northeastern part of the Ciénega-Matallana coalfield (loc. 931); lower coal-bearing formation (probable lower Stephanian B).

Varios fragmentos de pinas del último orden, que muestran algo de la variabilidad en la forma y el tamaño de las pínulas.

Procedencia: escombrera de la mina «San Francisco», cerca de Correcillas, en la parte más nororiental de la cuenca minera de Ciénega-Matallana (loc. 931); paquete inferior (Estefaniense B inferior probable).

Fig. 21 a. The same specimens, three times enlarged. The upper part of the photograph shows a terminal with some very broadly attached, confluent pinnules with almost an odontopteroid nervation. In the middle part of the photograph a few ovate, relatively small pinnules with a typical mixoneuroid nervation are shown. In the lower part occur some more linear and relatively larger pinnules which are also characterised by a mixoneuroid nervation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación. En la parte superior de la fotografía aparece un final de pina con algunas pínulas de aspecto odontopteróide. En la parte media se ven pínulas ovoides con una nerviación típicamente mixoneuroide. En la parte inferior de la fotografía aparecen dos pínulas de aspecto más bien lineal, las cuales asimismo están caracterizadas por una nerviación mixoneuroide. El conjunto de los fragmentos que aparecen en esta placa, ilustran la variabilidad de las pínulas en esta especie de *Mixoneura*.

Fig. 22. *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (syntype).

Fragments of pinnae showing probably about average-sized pinnules.  
Origin: tip of the mine «San Francisco», near Correcillas (loc. 931).

Fragmentos de pinas con pínulas de tamaño probablemente regular.  
Procedencia: escombrera de la mina «San Francisco» (loc. 931).

Fig. 22 a. Some of the larger pinnules, three times enlarged to show the linear shape and mixoneuroid nervation characterised by the presence of subsidiary veins on the basiscopic side of the pinnules.

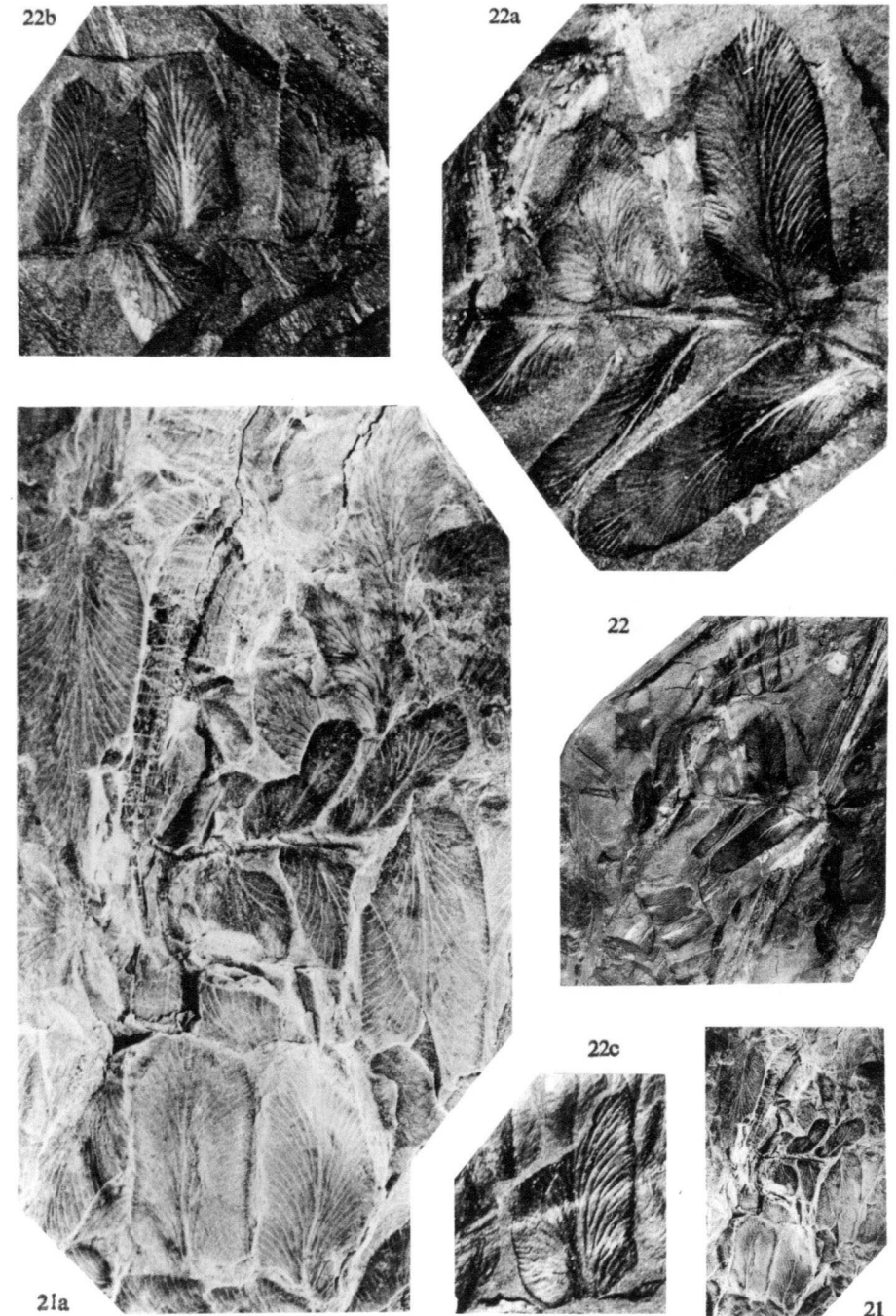
Algunas de las pínulas, de tamaño relativamente grande, y de forma lineal, cuya nerviación es típicamente mixoneuroide, con nervios accesorios en la parte basiscópica de las pínulas. Aumentadas tres veces.

Fig. 22 b. Some relatively smaller, more or less ovate pinnules, three times enlarged. Note the presence of subsidiary nervules at the basiscopic side of the pinnules.

Algunas pínulas más pequeñas y de forma más bien ovoide, aumentadas tres veces. Se nota muy bien la presencia de nervios accesorios partiendo del raquis soporte en la parte basiscópica de las pínulas.

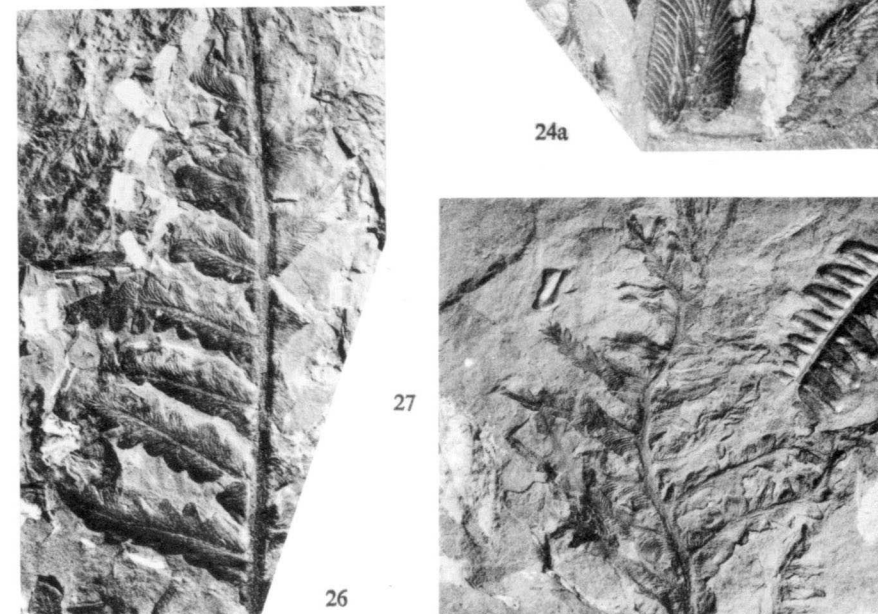
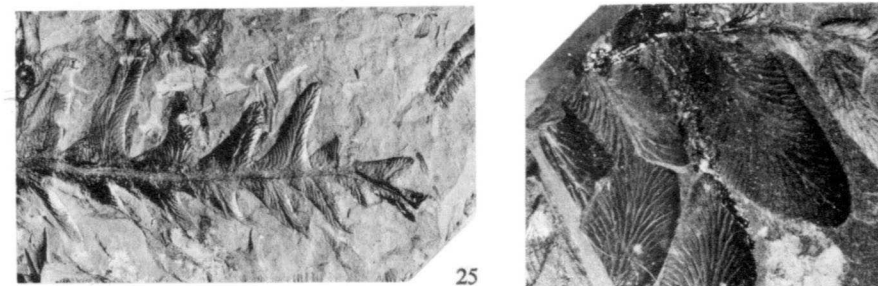
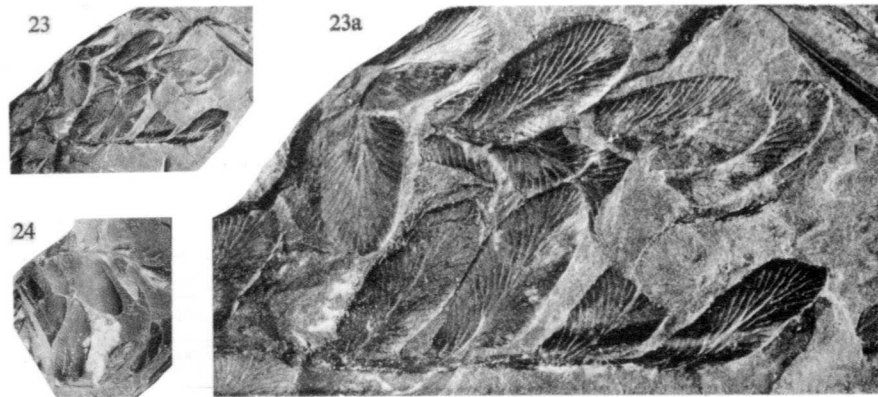
Fig. 22 c. Another pinnule of more linear aspect (three times enlarged).

Otra pínula de forma más bien lineal (aumentada tres veces).



## PLATE 11

## PLATE (LÁMINA) 11



Figs. 23-24. *Mixoneura subraymondi* nov. sp. (syntypes).

Pinna fragments showing probably about average-sized pinnules of ovate to slightly more-linear aspect.

Origin: tip of the mine «San Francisco», near Correcillas (loc. 931).

Fragmentos de pinas mostrando pínulas de tamaño más o menos regular.  
Procedencia: escombrera de la mina «San Francisco» (loc. 931).

Figs. 23 a-24 a. The same specimens, three times enlarged to show the rather broad attachment of the pinnule bases and the presence of subsidiary veins on the basiscopic side (cf. textfig. 2).

Los mismos ejemplares, aumentados tres veces para mostrar la fusión parcial de las bases de las pínulas con el raquis soporte y la presencia de nervios accesorios en la parte basiscópica de las pínulas (cf. fig. 2, intercalada en el texto).

Fig. 25. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

A pinna of the last order with fully developed, about average-sized pinnules of alethopteroid aspect. The nervation of this specimen has been drawn in textfig. 3.

Origin: roof-shales of the seam Estrecha (San José formation) as worked in the mine «La Gamonera», in the southwestern part of the Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1320).

Una pina del último orden con pínulas completamente desarrolladas, de tamaño regular. Muestran una forma alethopteroides. La nerviación de este ejemplar está dibujada en la figura 3, intercalada en el texto.

Procedencia: pizarras al techo de la capa Estrecha (paquete de San José) en la mina «La Gamonera», de la parte suroccidental de la cuenca minera de Ciñera-Matallana (loc. 1320).

Fig. 26. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

A pinna of the penultimate order with lobing pinnae showing underdeveloped, odontopteroid pinnules.

Origin: tip of the mine «La Gamonera», which works the San José formation in the Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1075).

Una pina del penúltimo orden, con pinas lobuladas, mostrando pínulas aún poco desarrolladas de aspecto odontopteroides.

Procedencia: escombrera de la mina «La Gamonera», paquete de San José (loc. 1075)

Fig. 27. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Terminal part of a pinna of the penultimate order, which shows rather quickly lobing pinnules and which may therefore belong to one of the major pinnae in the frond.

Origin: roof-shales of the seam Estrecha, mine «La Gamonera» (loc. 1320).

Parte apical de una pina del penúltimo orden, mostrando pínulas que lobulan bastante rápidamente. Es probable que represente a una de las pinas mayores de la fronde.

Procedencia: techo de la capa Estrecha, mina «La Gamonera» (loc. 1320).



## PLATE (LÁMINA) 12

Fig. 25 a. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

A part of the specimen figured on Pl. 11, fig. 25, three times enlarged to show the nervation of an average-sized, alethopteroid pinnule (compare textfig. 3).

Parte del ejemplar figurado en la lámina 11, fig. 25, aumentado tres veces para mostrar la nerviación de las pínulas corrientes del tipo alethopteroides (comparar la fig. 3 intercalada en el texto).

Fig. 28. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Apical fragment of a pinna of the last order with underdeveloped, odontopteroid pinnules. Origin: tip of the mine «La Gamonera» (loc. 1075).

Parte apical de una pina del último orden con pínulas aún poco desarrolladas, de tipo odontopteroides.

Procedencia: escombrera de la mina «La Gamonera» (loc. 1075).

Fig. 28 a. The same specimen, three times enlarged.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces.

Fig. 29. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Terminal part of a pinna of the penultimate order which shows a relatively slow transformation from ordinary pinnules to lobing pinnules leading to pinnae of the last order.

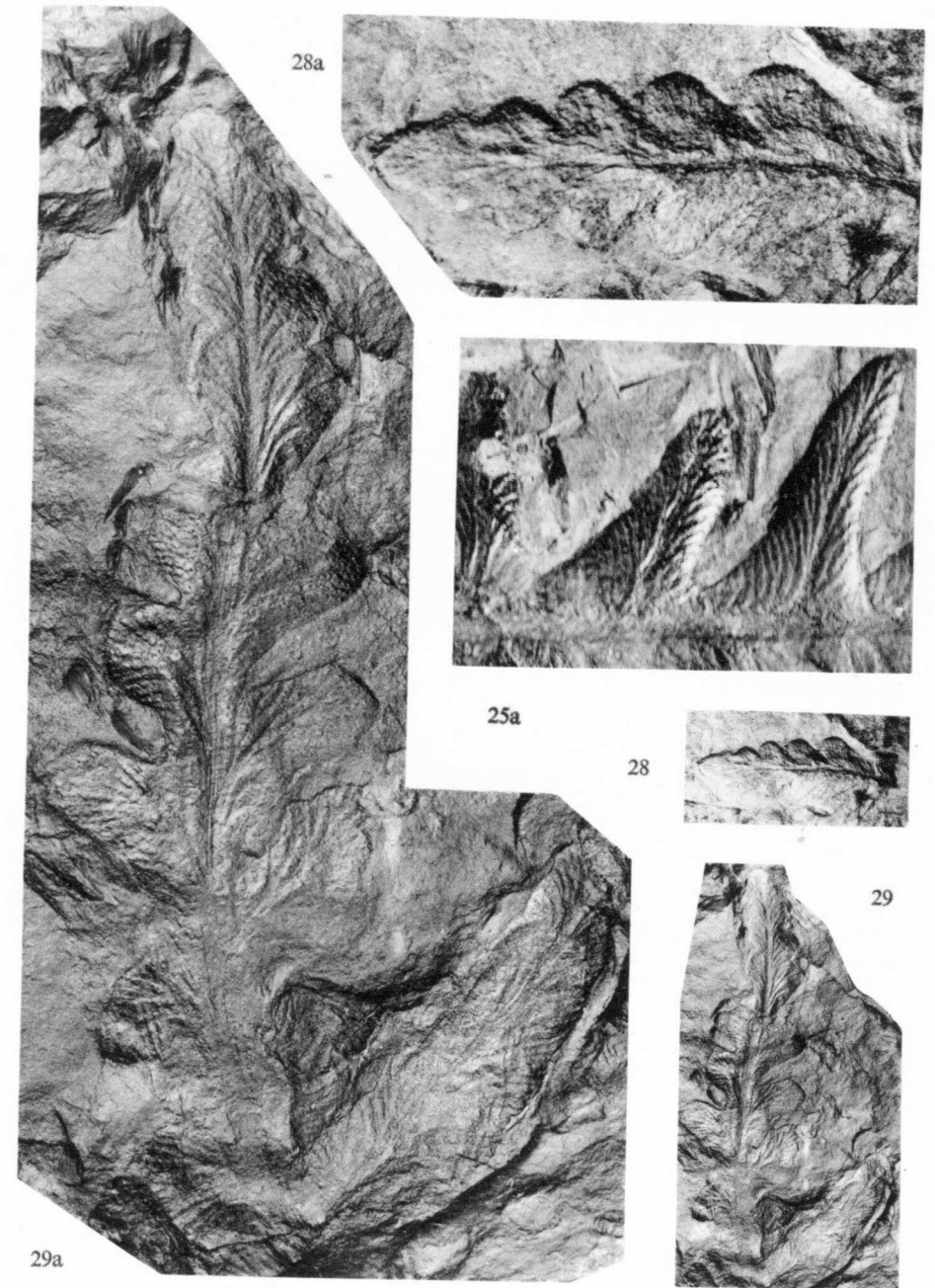
Origin: tip of the mine «El Oro», which works strata of the San José formation in the southwestern part of the Ciénega-Matallana coalfield (loc. 1132).

Parte apical de una pina del penúltimo orden que muestra la transición paulatina de pínulas normales a una pínula muy alargada que está a punto de hacerse pina del último orden.

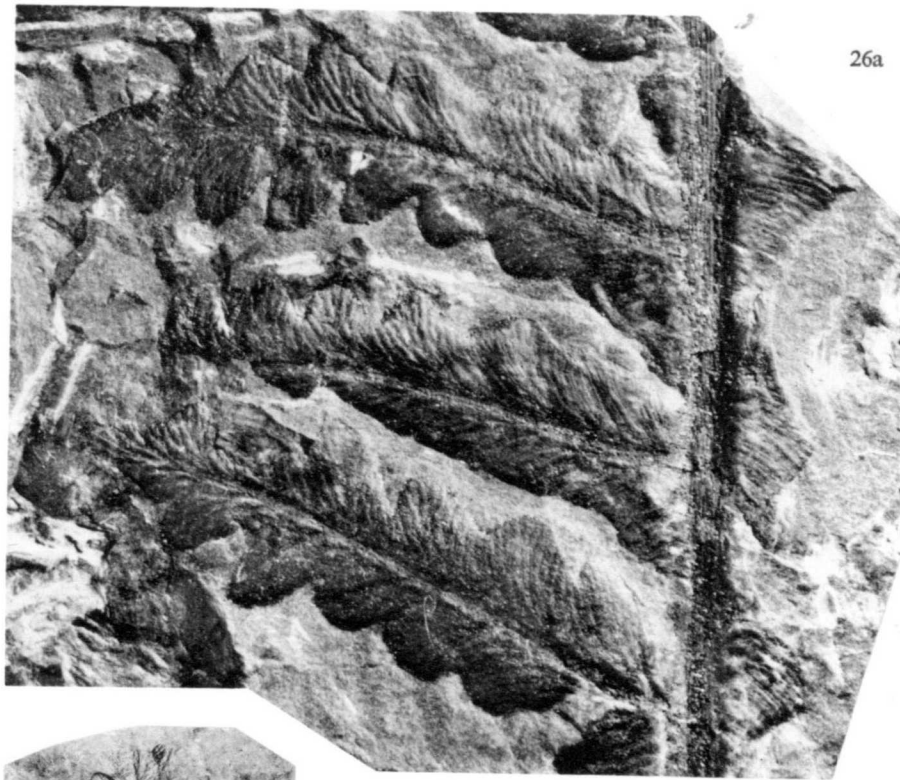
Procedencia: escombrera de la mina «El Oro», correspondiente al paquete de San José en la parte suroccidental de la cuenca minera de Ciénega-Matallana (loc. 1132).

Fig 29 a. The same specimen, three times enlarged to show the nervation of the gradually lengthening pinnules. Also note the somewhat striate rachis of the penultimate order. Between the veins of this specimen small elevations of the pinnule lamina occur in single rows of structures which may represent fungal stack on the plant before fossilisation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación de las pínulas paulatinamente más largas hasta que pasan a ser pinas del último orden. Además, se nota el aspecto más o menos rayado del raquis del penúltimo orden. Entre los nervios de las pínulas de este ejemplar aparecen pequeñas elevaciones en filas bastante apretadas. Estas elevaciones de la lámina de las pínulas probablemente representen al resultado de un ataque por hongos, de lo cual padecía la planta antes de fosilizarse.



## PLATE 13

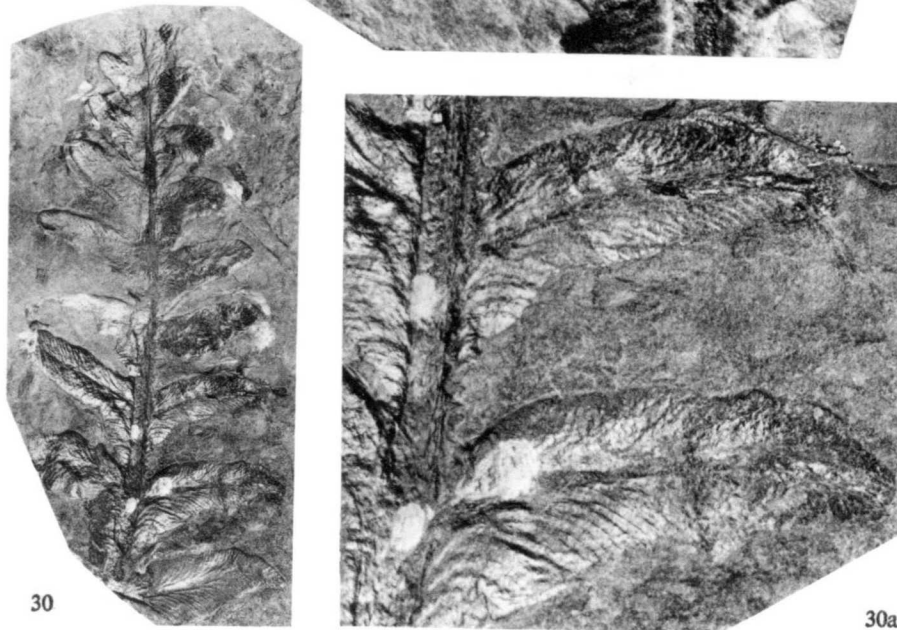


## PLATE (LAMINA) 13

Fig. 26 a. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

A part of the same pinna as figured on Pl. 11, fig. 26, three times enlarged to show the lobing features of the somewhat underdeveloped pinnae of the last order. Lobing typically commenced in the apical part of the pinnules (or pinnae of the last order). The lobes (or underdeveloped pinnules) are odontopteroid in aspect, confluent with adjacent lobes (c. q. pinnules) and characterised by an odontopteroid nervation which consists of a barely discernible midvein (if present at all) and branching laterals, which are at least partly derived immediately from the rachis.

Parte del mismo ejemplar figurado en la lámina 11, fig. 26, que está aumentado tres veces para mostrar la lobulación de las pinas. La lobulación empieza típicamente por la parte apical de las pínulas (o pinas del último orden, según el estado de desarrollo de los lóbulos formados) y pasa gradualmente a la parte baja. Los lóbulos (o pínulas aún poco desarrolladas) se muestran de forma odontopterode, con una nerviación caracterizada por un nervio central apenas visible y los laterales muy ascendentes y en parte derivados inmediatamente del raquis soporte.

Fig. 30. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Fragment of a pinna of the last order with fairly large, well-developed pinnules which show a tendency towards lobing in the lower part of the specimen. Note the very thick rachis.

Origin: tip of the mine «El Oro» (loc. 1132).

Fragmento de una pina del último orden que muestra pínulas bien desarrolladas de tipo subtriangular alargado. Se nota el principio de una lobulación en la parte baja del ejemplar. Obsérvese igualmente el grosor del raquis.

Procedencia: escombrera de la mina «El Oro» (loc. 1132).

Fig. 30 a. The lower right part of the same specimen, three times enlarged to show the thick, somewhat punctate rachis and fully developed, subtriangular, alethopteroid pinnules, the slightly undulate borders of which betray a tendency towards gradual lobing.

Fragmento de la parte baja del mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar el raquis grueso y punteado, así como la nerviación de las pínulas grandes y subtriangulares, de tipo alethopterode, que están a punto de lobularse.

## PLATE (LÁMINA) 14

Fig. 31. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

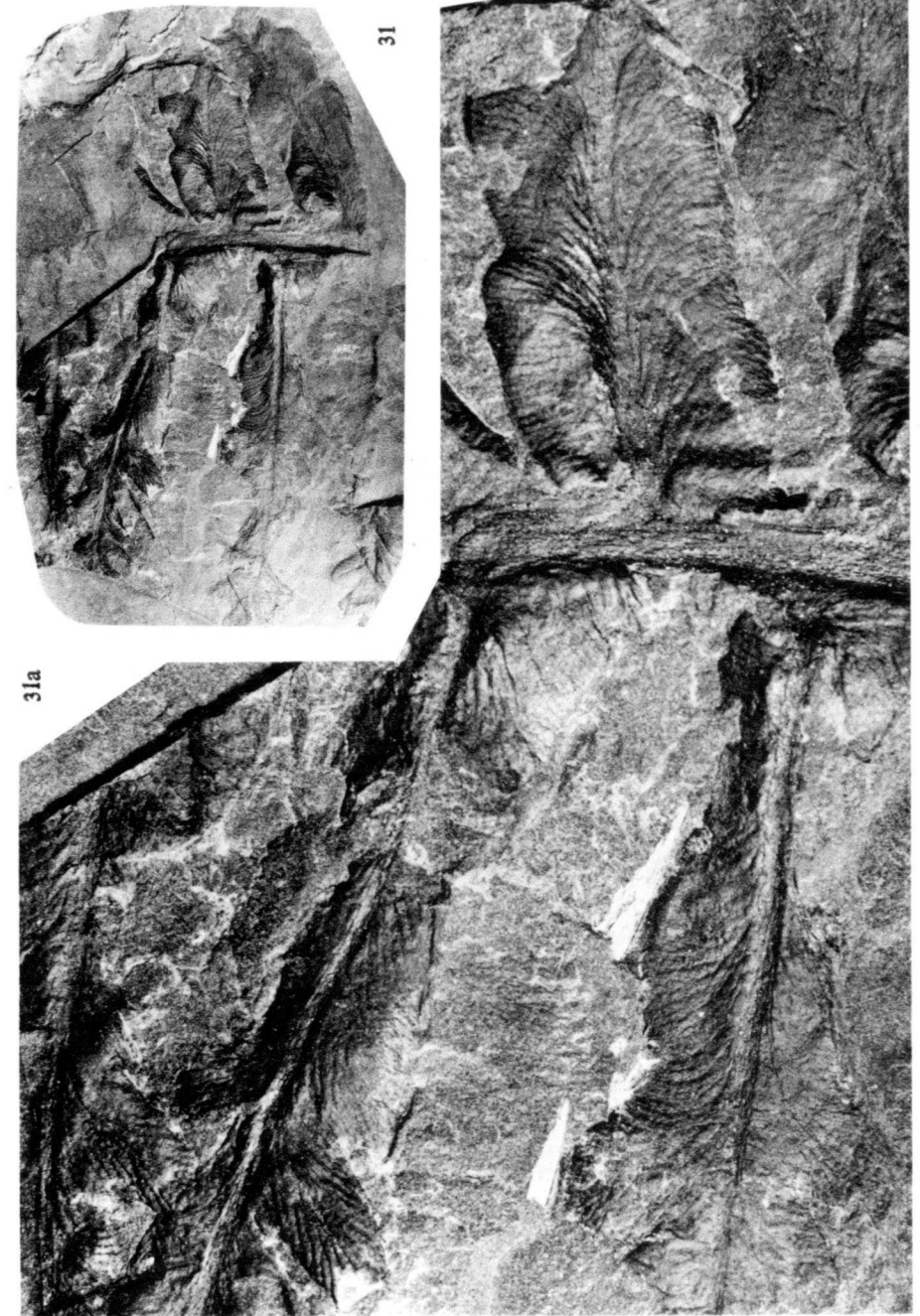
A fragment of the lower part of a pinna of the penultimate order showing an unequal development of pinnae of the last order on either side of the rachis. On the right side occur rather atypical, lobing pinnules characterised by an almost neuropteroid insertion. On the left side occur lobing pinnae of the last order.

Origin: tip of the mine «La Gamonera»; strata corresponding to the San José formation (loc. 1075).

Fragmento de la parte baja de una pina del penúltimo orden que muestra un desarrollo desigual de pinas del último orden a los dos lados del raquis. A la derecha están dos pínulas lobuladas, bastante atípicas, con la base encogida de modo neuropterode. A la izquierda ocurren algunas pinas del último orden con pínulas poco desarrolladas. Procedencia: escombrera de la mina «La Gamonera»; material correspondiente al paquete de San José (loc. 1075).

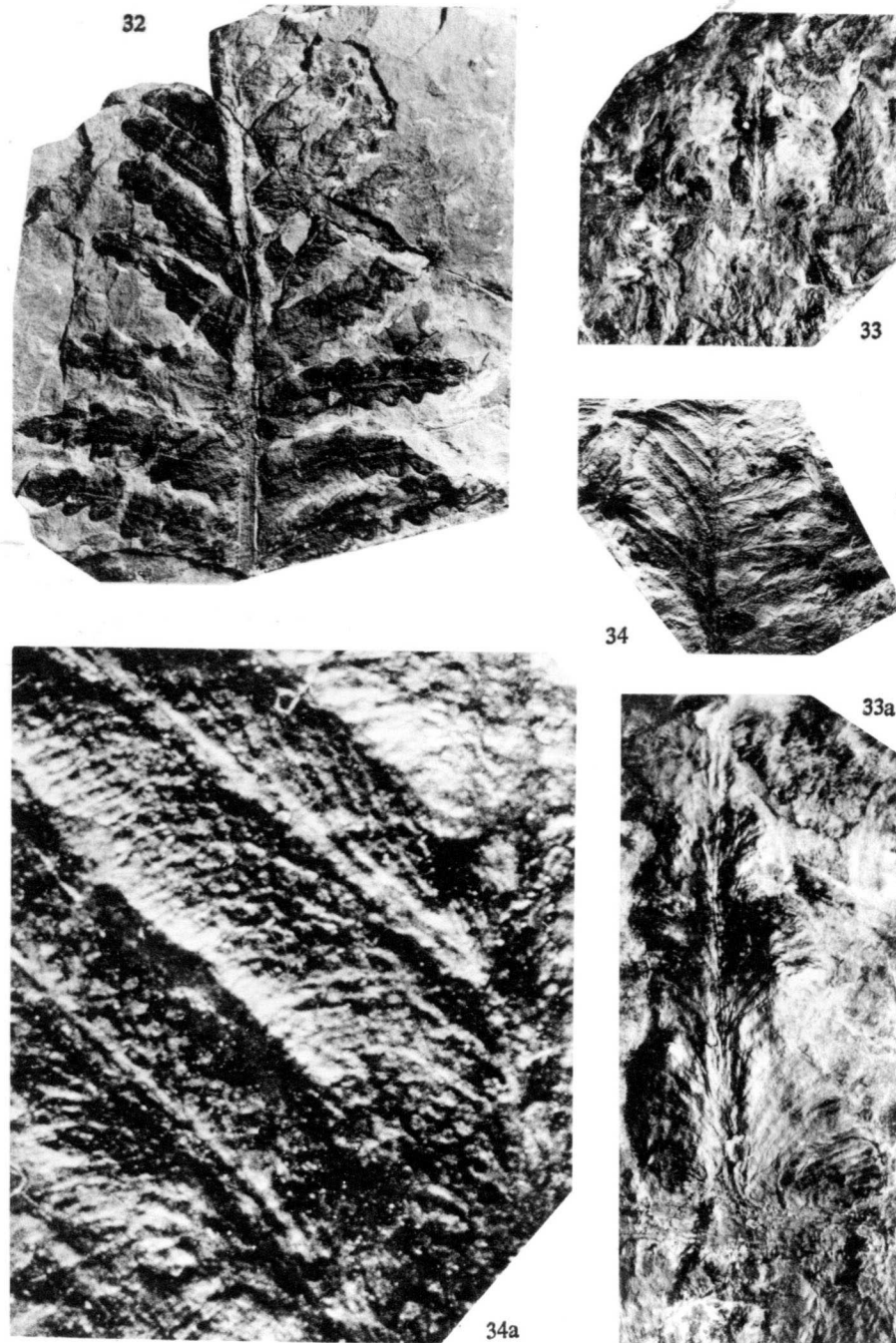
Fig. 31 a. The same specimen, three times enlarged to show the robust, rounded rachis of the penultimate order and details of the nervation. The rachis is covered with small protuberances which may be hair bases or the bases of spines. The neuropteroid pinnules on the right show a fairly well marked midvein and rather broadly curving lateral veins. On the left some lobing pinnae of the last order which show mainly rather underdeveloped pinnules with odontopteroid characteristics.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces. Muestra al raquis fuerte y probablemente redondo en sección transversal, que lleva pequeñas asperidades correspondientes, tal vez, a las bases de pelos o espinas. En su parte derecha el ejemplar muestra dos pínulas de inserción neuropterode, mientras que la parte izquierda tiene varias pinas del último orden con pínulas generalmente poco desarrolladas, de tipo odontopterode.





## PLATE 15



## PLATE (LÁMINA) 15

Fig. 32. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Near-apical part of a pinna of the penultimate order, which shows a somewhat striate rachis and gradually lobing pinnules passing into pinnae of the last order.  
Origin: tip of the mine «El Oro» (loc. 1132); San José formation.

Fragmento de una parte casi apical de una pina del penúltimo orden. Muestra un raquis estriado y pínulas lobuladas que pasan a ser pinas del último orden.  
Procedencia: escombrera de la mina «El Oro» (loc. 1132); paquete de San José.

Fig. 33. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Fragment of the lower portion of a pinna showing several perpendicular inserted, lobing pinnules which have a slightly decurrent basiscopic side and a somewhat contracted acroscopic side.  
Origin: tip of the mine «El Oro» (loc. 1132); San José formation.

Fragmento de la parte baja de una pina que muestra pínulas perpendiculares sobre el raquis soporte. Las pínulas están muy lobuladas y tienen la base en parte decurrente (parte basiscópica) y en parte encogida (parte acroscópica).  
Procedencia: escombrera de la mina «El Oro» (loc. 1132); paquete de San José.

Fig. 33 a. One pinnule from the same specimen, three times enlarged in order to show the nervation.

Una pínula del mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación.

Fig. 34. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

Another pinna fragment, showing a transition from fully developed, more or less althopteroid pinnules to lobing pinnules which will eventually pass into lobing pinnae of the last order.  
Origin: tip of the mine «El Oro» (loc. 1132); San José formation.

Otro fragmento de pina que muestra la transición de pínulas completamente desarrolladas, con los bordes enteros, a pínulas lobuladas, que a su vez pasarán a pinas lobuladas del último orden.  
Procedencia: escombrera de la mina «El Oro» (loc. 1132); paquete de San José.

Fig. 34 a. The same specimen, about 9 times enlarged to show the lobing of the pinnules and, particularly, the single rows of elevations of the pinnule lamina which occur between the veins. This specimen has retained some of the carbonised dorsal epidermis which seems to have been lifted up in rounded elevations with a central depression. Those features may have been formed by fungal attack (rusts?).

El mismo ejemplar, aumentado unas 9 veces para mostrar detalles de las pínulas lobuladas y, sobre todo, de las pequeñas elevaciones en la lámina de las pínulas, que supomos se deban a una colonización parasítica por hongos. Este ejemplar todavía conserva una parte del epidermis dorsal carbonizado, en lo cual se notan filas de pequeñas elevaciones con una depresión central cada una. Las elevaciones típicamente ocurren entre los nervios y claramente se relacionan con el tejido blando de las pínulas.

## PLATE (LÁMINA) 16

Fig. 32 a. *Mixoneura matallanae* nov. sp. (syntype).

The same specimen as figured on Pl. 15, fig. 32, three times enlarged. It shows an irregularly grooved rachis with scattered little punctae which indicate hair bases or the places of insertion of spines. It also illustrates the typical lobing pattern of the species, commencing in the top part of the pinnules and gradually spreading downwards. As a result, rather small terminals are formed. The lamina of the pinnules is rather deeply pitted, which seems to be due to the imprint of protuberances on the underside (= ventral side) of the pinnules or pinnae of the last order. The protuberances are typically arranged in single rows between the veins and may well be due to fungal attack which lifted the pinnule lamina in rounded elevations.

Origin: tip of the mine «El Oro» (loc. 1132); San José formation.

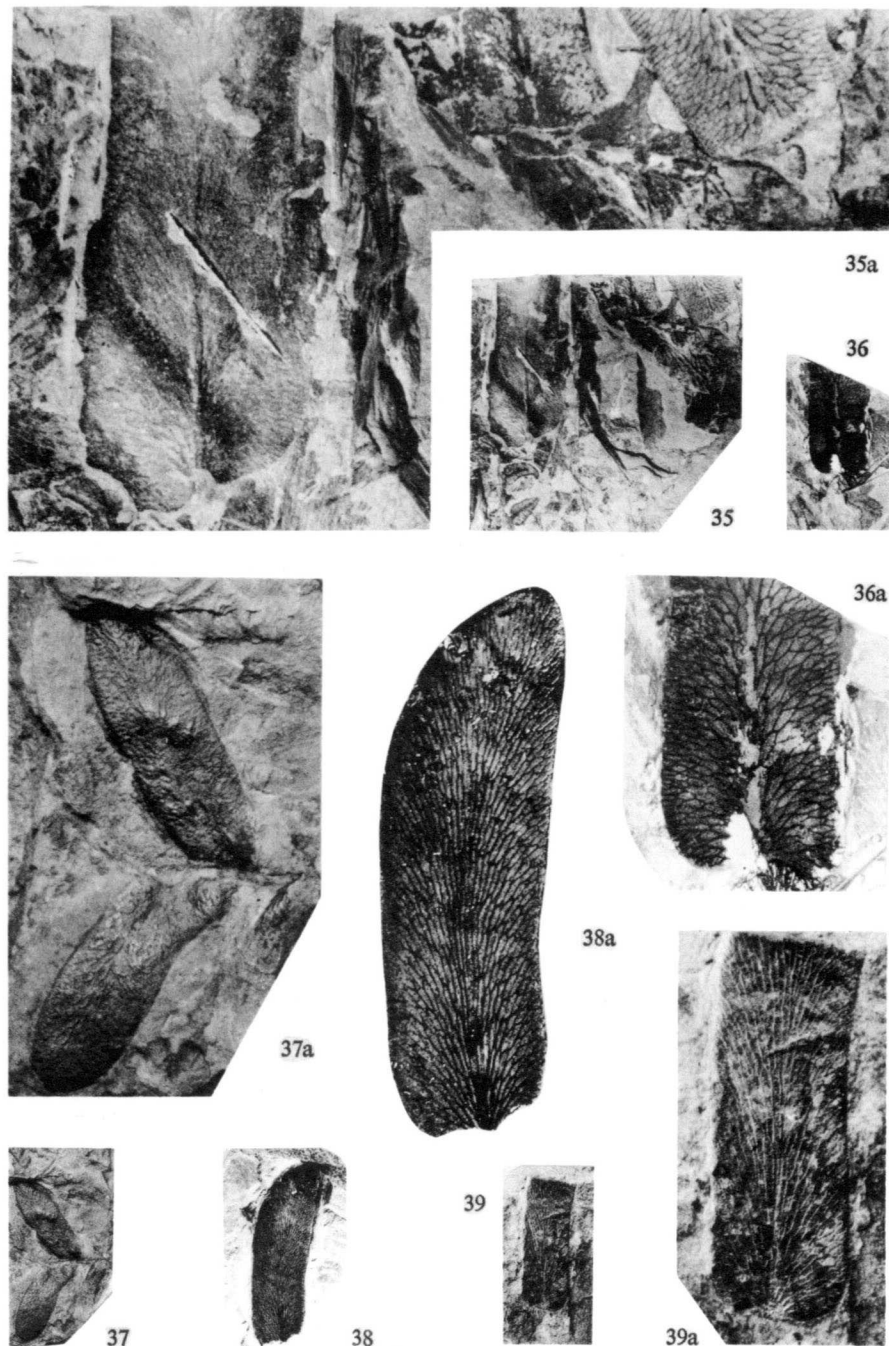
El mismo ejemplar que se reproduce en la lámina 15, fig. 32, aumentado tres veces. Muestra un raquis con estrias irregulares y puntitos distribuidos también bastante irregularmente. Es de suponer que representen a las bases de pelos o de espinas. La ampliación igualmente pone de relieve la lobulación que empieza típicamente con la parte apical de las pínulas, así dejando solamente una terminación de pínula muy pequeña, lo cual forma una de las características más claras de la especie. La lámina de las pínulas se presenta con hoyos pequeños en filas de uno solo entre los nervios laterales. Estos hoyitos probablemente representan a las impresiones de pequeñas elevaciones sobre la parte ventral de la lámina de las pínulas, donde fueron colonizadas por hongos.

Procedencia: escombrera de la mina «El Oro» (loc. 1132); paquete de San José.



32a

PLATE (LÁMINA) 17



Figs. 35-36. *Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan.

Pinnule fragments showing a cordate base and slightly tapering borders as well as a clearly marked midvein.

Origin: outcropping shales of the San José formation in the southern flank of the Vegacervera syncline, at about 225 metres above the first *Leaia* band, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1259).

Fragmentos de pínulas mostrando la base cordiforme y los bordes algo convergentes, así como la presencia de un nervio central bien marcado.

Procedencia. pizarras arenosas del paquete de San José, que afloran en la ladera septentrional del valle de Esperanza; los estratos pertenecen al flanco sur del sinclinal de Vegacervera y se sitúan a unos 225 metros por encima del primer nivel con *Leaia* en la cuenca minera de Ciñera-Matallana (loc. 1259).

Figs. 35 a-36 a. The same specimens, three times enlarged to show the transversally elongate vein meshes. The veins reach the pinnule border at about right angles.

Los mismos ejemplares, aumentados tres veces para mostrar la nerviación, que consiste en un nervio central bastante bien acusado y los laterales completamente anastomosados con las mallas alargadas en el sentido transversal. Los nervios llegan casi perpendicularmente sobre los bordes de las pínulas.

Fig. 37. *Reticulopteris germari* (Giebel) Gothan.

Rather small pinnules which may have occupied a position near the apex of a pinna. They are attached to the rachis by some part of the basal width.

Origin: San José formation in the Vegacervera syncline (loc. 1259).

Algunas pínulas pequeñas que se muestran adherentes al raquis soporte por buena parte del ancho de la base, por lo cual se las supone procedentes de la parte casi apical de una pínula.

Procedencia: paquete de San José (loc. 1259).

Fig. 37 a. The same pinnules, three times enlarged to show better the rather broad attachment of the pinnules and to indicate the nature of the nervation.

Las mismas pínulas, aumentadas tres veces para mostrar mejor la inserción sobre el raquis, así como la nerviación.

Fig. 38. *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) H. Potonié.

Detached pinnule showing the parallel borders and the slightly forward inclined apex, which are characteristic of the species.

Origin: outcropping shales below seam O of the La Competidora complex, lower coal-bearing formation, Alto de Tabliza, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1134).

Pínula aislada, que muestra los bordes paralelos y el ápice ligeramente inclinado hacia delante.

Procedencia: pizarras que afloran en el Alto de Tabliza, por debajo de la capa O, La Competidora, Ciñera-Matallana (loc. 1134).

Fig. 38 a. The same pinnule, three times enlarged to show the short, almost non-existent midvein and the rather steeply inclined laterals which are fully anastomosed into elongate vein meshes.

La misma pínula, aumentada tres veces para mostrar el nervio central extremadamente corto y los laterales muy ascendentes, que forman mallas completamente anastomosadas de forma alargada. Las mallas se presentan algo más cortas cerca de los bordes de la pínula.

Fig. 39. *Linopteris neuropteroides* (von Gutbier) H. Potonié.

Linear-shaped pinnule with a characteristic nervation.

Origin: outcropping shales of the lower coal-bearing formation east of Vegacervera, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 926).

Fragmento de una pínula típicamente lineal.

Procedencia: pizarras del paquete inferior, que afloran al este del pueblo de Vegacervera, Ciñera-Matallana (loc. 926)

Fig. 39 a. The same pinnule, three times enlarged to show the elongate vein meshes and the practical absence of a midvein.

La misma pínula, aumentada tres veces para mostrar las mallas alargadas de los nervios laterales, así como la ausencia de un nervio central sobre la mayor parte del largo de la pínula.



## PLATE (LÁMINA) 18

**Fig. 40.** *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira.

Fairly small pinnule with forward inclined apex.

Origin: 20-25 metres below the seam Nieves, in the zone of Coladilla, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1266).

Pinula bastante pequeña, con el ápice inclinado hacia delante.

Procedencia: unos 20 a 25 metros por debajo de la capa Nieves, en la zona de Coladilla, Ciñera-Matallana (loc. 1266).

**Fig. 40 a.** The same pinnule, three times enlarged to show the rather large, elongate vein meshes and the virtual absence of a midvein.

La misma pinula, aumentada tres veces para mostrar las mallas alargadas y relativamente grandes de la nerviación característica de esta variedad.

**Fig. 41.** *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira.

Well-preserved pinnule fragment showing the forward swing of the apex.

Origin: outcropping shales near an adit at some 400 metres south of Pola de Gordón (loc. 360); probable Roguera formation.

Fragmento de una pinula que muestra muy bien la inclinación del ápice hacia delante.

Procedencia: afloramiento de pizarras al lado de una bocamina abandonada que está situada a unos 400 metros al sur de la Pola de Gordón (loc. 360).

**Fig. 41 a.** The same pinnule fragment, three times enlarged to show the large, elongate vein meshes (compare this specimen with the typical form of *L. neuropteroides* as figured on Pl. 17, fig. 38 a).

La misma pinula, aumentada tres veces con el fin de mostrar las mallas relativamente grandes, formadas por los nervios laterales (compárese con la forma típica ilustrada en la lám. 17, fig. 38 a).

**Fig. 42.** *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira.

Relatively small pinnule with forward inclined apex.

Origin: 2.15 metres below Roguera seam, southern flank of the Vegacervera syncline, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1242).

Pinula relativamente pequeña, con el ápice inclinado hacia delante.

Procedencia: a 2.15 metros por debajo de la capa Roguera, en la rama sur del sinclinal de Vegacervera, Ciñera-Matallana (loc. 1242).

**Fig. 42 a.** The same pinnule, three times enlarged.

La misma pinula, aumentada tres veces.

**Fig. 43.** *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira.

Larger, probably average-sized pinnule of typical falcate shape.

Origin: shales of the San José formation at about 174 metres above the first *Leaia* band; southern flank of the Vegacervera syncline (valley of Esperanza), Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1256).

Una pinula más grande, de tamaño regular.

Procedencia: pizarras del paquete de San José que afloran a unos 174 metros sobre el primer horizonte con *Leaia* en la rama sur del sinclinal de Vegacervera (valle de Esperanza), Ciñera-Matallana (loc. 1256).

**Fig. 43 a.** The same pinnule, three times enlarged, to show the nerviation.

La misma pinula, aumentada tres veces para mostrar la nerviación.

**Fig. 44.** *Linopteris neuropteroides* var. *latenervosa* Teixeira.

Another average-sized pinnule which shows a somewhat falcate shape.

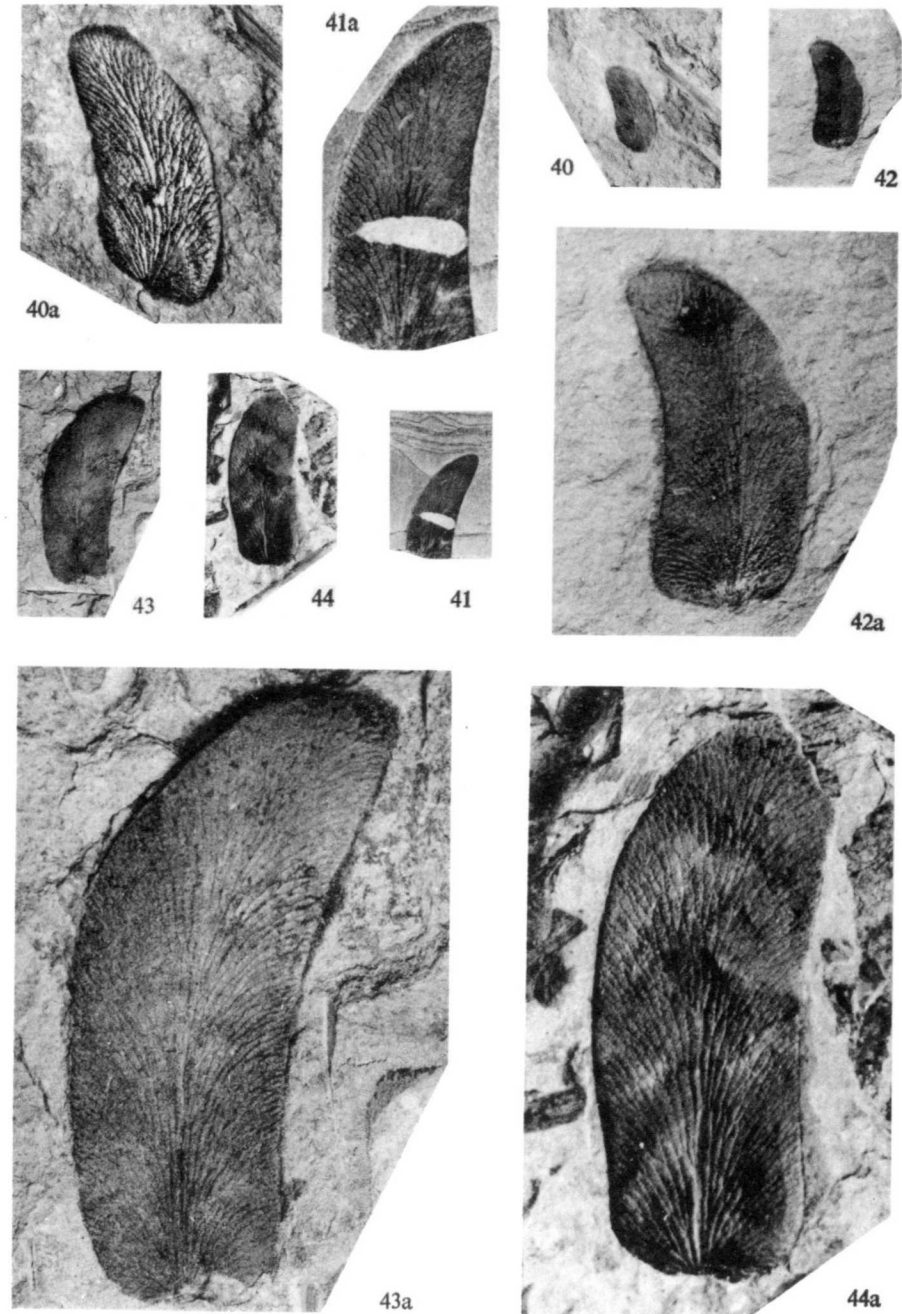
Origin: San José formation, at some 225 metres above the first *Leaia* band, Vegacervera syncline, Ciñera-Matallana (loc. 1259).

Otra pinula de tamaño regular. Se presenta de forma algo más lineal que el ejemplar figurado en la fig. 42.

Procedencia: paquete de San José, a unos 225 metros encima del primer horizonte con *Leaia*, sinclinal de Vegacervera (valle de Esperanza), Ciñera-Matallana (loc. 1259).

**Fig. 44 a.** The same pinnule, three times enlarged.

La misma pinula, aumentada tres veces.



## PLATE 19

## PLATE (LÁMINA) 19

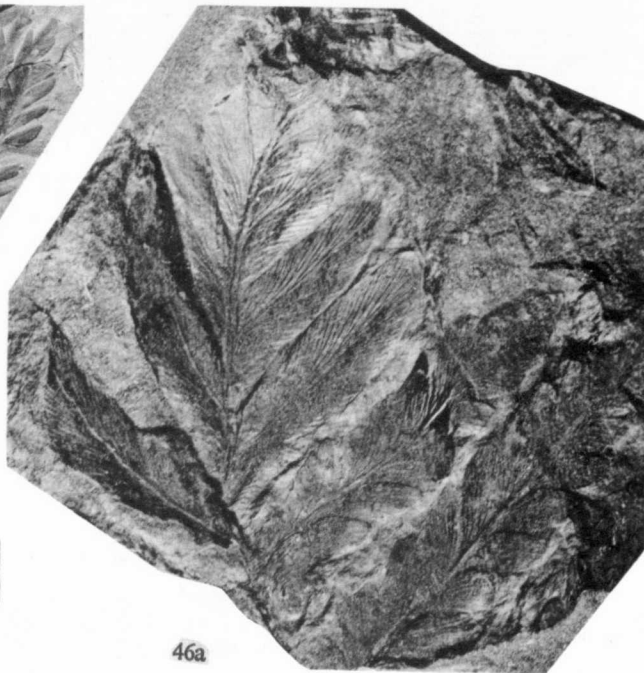
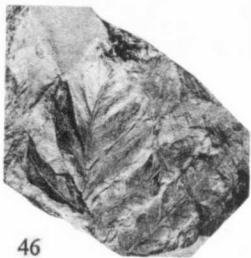


Fig. 45. *Odontopteris brardi* Brongniart.

Fragment of a pinna of the penultimate order, showing pinnae of the last order with rather slender pinnules, the bluntly pointed apices of which are typically inclined forwards. Also note the oblique insertion of the pinnules.

Origin: lower coal-bearing formation in the northern flank of the Vegacervera syncline, along the path leading to the workings of Bardaya, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1319).

Fragmento de una pina del penúltimo orden que muestra varias pinas del último orden con pínulas esbeltas. Los ápices de las pínulas están típicamente situados en la parte anterior de las pinulas. Se nota también la inserción oblicua de las pínulas.

Procedencia: paquete inferior que aflora en la rama norte del sinclinal de Vegacervera; la localidad se encuentra en el camino alto a Bardaya, Ciñera-Matallana (loc. 1319).

Fig. 45 a. A part of the same specimen, which has been three times enlarged in order to show the nervation consisting of almost parallel bundles of veins derived from the rachis without any clear indication of a midvein.

Una parte del ejemplar ilustrado en la figura 45, lo cual ha sido aumentado tres veces para mostrar la neriación de las pínulas. Consiste en nervios subparalelos que pasan directamente del raquis soporte, estando el nervio central prácticamente ausente.

Fig. 46. *Odontopteris brardi* Brongniart.

Apical part of a pinna of the penultimate order which shows the rather abrupt transition from lengthened pinnules to pinnae of the last order.

Origin: tip of an abandoned mine in the Bienvenidas formation in the core of the Llombera syncline, northeast of Llombera, Ciñera-Matallana coalfield (loc. 1305).

Parte apical de una pina del penúltimo orden que muestra la transición rápida de pínulas alargadas en la parte superior del ejemplar a pinas del último orden en la parte más baja.

Procedencia: escombrera de una mina abandonada en el paquete Bienvenidas de la parte central del sinclinal de Llombera, al nordeste de Llombera, cuenca minera de Ciñera-Matallana (loc. 1305).

Fig. 46 a. The same specimen, three times enlarged to show the nervation of the lengthened pinnules in the top part of the specimen, where the presence of a midvein is clearly indicated. This midvein becomes a rachis in the pinnae of the last order immediately beneath.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la neriación de las pínulas alargadas en la parte superior de la pina, donde se nota la presencia de nervios centrales bien marcados. Aquéllos se transforman en raquises del último orden en cuanto la pínula alargada se transforma en pina del último orden.

Fig. 47. *Odontopteris brardi* Brongniart, *Callipteridium gigas* (von Gutbier) & *Pecopteris feminaeformis* (von Schlotheim).

Fragments of pinnae of the last order.

Origin: tip of the mine «Ibarra», in the northwestern part of the Ciñera-Matallana coalfield (loc. 351).

Fragmentos de pinas del último orden.

Procedencia: escombrera del Pozo Ibarra, Ciñera-Matallana (loc. 351).



ANTONIO QUESADA GARCIA

## BOSQUEJO GEOLOGICO DE LA ZONA DE YACIMIENTOS CAOLINICOS ENTRE CEROLLERA Y LOS OLMOS (TERUEL)

### R E S U M E N

En este artículo se describen someramente las formaciones geológicas en que se presentan los yacimientos caoliníferos que desde los pueblos de Cerollera y La Cañada de Verich, al Este, se extienden hasta los pueblos de Berge y Los Olmos, al Oeste (todos ellos de la provincia de Teruel).

Se calcula una cubicación probable de 148.000.000 de Tn. de caolin beneficiable.

### R E S U M É

Dans cet article on décrit sommairement les formations géologiques dans lesquelles se présentent les gisements kaoliniques qui s'étendent depuis les villages de Cerollera et La Cañada à l'Est, jusqu'aux villages de Berge et Los Olmos à l'Ouest. Tous appartiennent à la province de Teruel.

On calcule un volume probable de 148.000.000 tonnes de kaolin exploitable.

### I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo ha tenido por objeto el reconocimiento somero de los afloramientos cretáceo-jurásico que se extienden, en la provincia de Teruel, desde los pueblos de Cerollera, La Cañada de Verich, al Este; Foz-Calanda, al Norte, y Alcorisa, Berge y Los Olmos, al Oeste. Esta zona fue considerada de momento, como la de más interés en sus posibilidades caolínicas.

La región reconocida no constituye más que una de las varias zonas, en que, dentro de la provincia de Teruel, se manifiesta el caolín de manera explotable.

### II. ESTRATIGRAFÍA

En el área estudiada los afloramientos corresponden a terrenos triásicos, jurásicos, cretáceos y terciarios. También existe algo de cuaternario.

*Triásico.*

Representado fundamentalmente por arcillas rojizo-verduzas y yesos, probablemente del Keuper, se encuentra expuesto más claramente en el núcleo del anticlinal existente entre los pueblos de Calanda, al Norte, y Foz-Calanda, al Sur. Un buen corte de este Triásico se halla en la carretera de Calanda a Mas de las Matas.

Otro buen afloramiento se encuentra al E. del vértice geodésico «Costado» (cota 771), en la pista minera que enlaza los yacimientos de lignito de Val de la Piedra (Foz-Calanda) con la carretera de Alcolea del Pinar a Tarragona.

Entre otros menos importantes, se pueden citar los existentes al S. del Val de la Piedra, que han motivado o favorecido, por sus características plásticas y lubricantes, el cabalgamiento del jurásico dolomítico sobre el Oligoceno del Val de la Piedra, y también, en otras zonas, el cabalgamiento del Triásico-Jurásico sobre Jurásico, donde el Trias plástico ha actuado de manera decisiva favoreciendo el movimiento por sus características físicas. El espesor de este tramo se desconoce.

*Jurásico.*

El tránsito del Triásico al Jurásico se realiza por intermedio de un paquete de dolomía brechosa, arriñonada y cavernosa a veces, mal estratificada y azoica, grisácea-amarillenta y a veces rojiza, cuyo espesor, en el anticlinal de Calanda, es de unos 15 metros. Este paquete corresponde probablemente a las carnioles del Supra-Keuper.

Después, y en orden ascendente, nos encontramos con unos 12 metros cubiertos, probablemente margosos, al que siguen unos 10 metros de caliza masiva con aspecto brechoide, a veces de coloración rojiza y en general pardo-amarillenta.

Continúan unos 50 metros de dolomías y calizas dolomíticas, a veces brechosas y otras masivas, irregular, mal estratificadas y amarillentas. Después, unos 70 metros de calizas, marmóreas a sublitográficas, gris crema. Unos 8 metros cubiertos, probablemente arcilla. Otros 8 metros de calizas, algo arenosas, de aspecto semiarriñonado, gris oscuro en meteorización. Unos 6 metros cubiertos, probablemente arcillosos, y finalmente unos 20 metros de calizas arcillosas blanco-amarillentas y rosadas a grisáceas, marmóreas y con restos de ammonites.

El rumbo y buzamiento medio es: N. 50°, W./60° S.

Superiormente, terrenos de recubrimiento, aluviones y terciario. Este corte se ha hecho en el flanco S. del anticlinal de Calanda.

En La Cañada de Verich, inmediatamente al muro de las formaciones arcillosas, encontramos unos 140-150 metros de calizas bien estratificadas, en bancos de 0,15 a 0,40 metros, con rumbo y buzamiento medios de N 55° W/38° S., y en los que hemos encontrado Nautiloculina, Walvulinidos y Ophthalmididos, pudiendo asignarle la edad Kimmeridgense-Portlandés (Jurásico superior). Este tramo no lo hemos hallado en el flanco S. del anticlinal de Calanda.

*Aptense-Albense.*

Damos esta asignación a los terrenos arcillosos, arcillo-arenosos, caolínicos y con algunos lignitos o carboneros, que se encuentran al techo de las formaciones jurásicas. En ellos están situados los yacimientos de lignito de Val de la Piedra (Foz-Calanda) y los caolines de La Cañada de Verich, citando dos de las zonas más productivas en estas sustancias.

En la Cañada de Verich (mina «Los Castelletts»), el corte de este Aptense-Albense, en el socavón de entrada, es el siguiente:

	Techo: Caliza y algunas margas .....	135	m.	Cenm.
(6)	Arcillas pardas y verduzas .....	3	»	
(5)	Arcillas claras y grisáceas, a veces algo cao- línicas .....	60	»	
	Arcillas grisáceas «pintadas» rojizas .....	4	»	
(3)	Caolín .....	3	»	
	Arcilla negruzca y carbonero .....	3	»	Apt-Albense
(2)	Arcilla grisácea caolínica .....	2,50	»	
	Carbonero .....	0,25	»	
(1)	Arcilla grisácea .....	1,50	»	
	Caolín .....	2,50	»	
	Carbonero .....	1,00	»	
	Arcilla carbonosa con piritita .....	100	»	
	Muro: Calizas trituradas brechosas .....			Jurásico

Hacia el Este la potencia disminuye algo, siendo explotables a veces los carboneros.

En la mina «Manolita», al N.-NW. de Cerollera, el corte de estos terrenos es el siguiente:

	Techo: Calizas .....		Cenm.
	Arcillas .....	18,00 m.	}
(16 A)	Arcilla caolínica .....	0,25 »	
	Arcilla y carbón .....	17,00 »	} Apt-Albense
(17 A)	Arcilla caolínica .....	10,00 »	
	Caliza .....	0,75 »	}
	Arcilla grisácea, carbonero .....	20,00 »	
(18 A)	Arcilla caolínica .....	1,00 »	}
(19 A)	Arcilla gris negruzca y carbonero .....	7,00 »	
	Muro: Calizas trituradas brechosas con arcilla.....		Jurásico

En la mina «Sagrada Familia», no hay transversal que corte completamente las formaciones de techo a muro. Aquí se tomaron tres muestras (71 A), (71 A2) y 71 A3), de las arcillas caolínicas que se explotan, apareciendo hacia el techo formaciones arenosas de grano fino.

Otro buen afloramiento Aptense-Albense se halla en el anticlinal existente al E. de Los Olmos, atravesado por la carretera de Alcolea del Pinar a Tarragona. Existe en el flanco E. del anticlinal una pequeña explotación de arcilla caolínica (62).

En la zona de Val de la Piedra (Poz Calanda), los lignitos toman caracteres de yacimiento explotable, en potencia superior a los cuatro metros en alguna de sus capas. También hay arcillas caolínicas y los tramos arenosos se presentan individualmente, con paquetes arcillo-arenosos, superiores a los 10 metros de potencia.

Es notable la diferencia de facies existente en estas formaciones, que dan lugar a yacimientos potentes de lignitos en algunas zonas, mientras en otras sólo existen arcillas carbonosas o algún carbonero no explotable. Igualmente sucede con las formaciones arcillo-arenosas.

En la mina «Los Castellet» de La Cañada de Verich, se estudió micropaleontológicamente una muestra de arcillas caolínicas que no dio microfauuna alguna. El Laboratorio de Micropaleontología del Instituto dio como resultado del examen: «Es una muestra de caolín muy puro, gris, que estudiamos por si contuviese restos orgánicos que indicaran la edad y que por su posición estratigráfica se sitúa en el Albense (?). Levigada. El residuo es escasísimo, con algo de pirita, mica y cuarzo, todo ello en partículas muy finas. No se ven restos fósiles.

#### *Cenomanense.*

En toda la región estudiada, al techo de las formaciones arcillosas, arcillo-arenosas y de lignitos o carboneros, encontramos una caliza margosa, pardas, con abundante fauna de «*Exogyra pseudo-africana*, Choff», algún

«*Cardium*» y «*Sespula gordialis*, Scholt.», que determinan el Cenomanense.

En el corte estratigráfico realizado en la mina «Los Castellet» de La Cañada de Verich, se atraviesan 135 metros de calizas más o menos recristalizadas y algunas margas, antes de llegar a las formaciones arcillosas. Al no hallar macrofauna en dichas calizas, se tomaron tres muestras para su estudio micropaleontológico, que desgraciadamente no dieron fauna alguna. El espesor de este Cenomanense no lo conocemos, e incluso no conocemos si hubiera algún tramo superior al Cenomanense. En el anticlinal de Los Olmos las calizas margosas de este tramo («Gálvez Cañero, Hoja Geológica de Calanda»), ya tendrán unos 30 metros de potencia».

#### *Terciario.*

Dada la índole del informe, no se prestó demasiada atención a las formaciones terciarias, para las cuales transcribimos lo expuesto por el señor Gálvez Cañero en la Hoja Geológica de Calanda:

*Eoceno:* No se ha señalado su presencia por ninguno de nuestros predecesores en el estudio de la región y, sin embargo, en la Val de Ariño, al sur de este pueblo y en La Ginebrosa, al norte de aquél, hemos hallado unos horizontes de arenisca y margas rojas conteniendo *Bulimus gerundensis*, Vidal, que denotan el Ipresiense.

No hemos encontrado aquellos fósiles en la Hoja que describimos, pero, sin embargo, creemos que los horizontes más bajos del anticlinal de Alloza, también pudieran considerarse como pertenecientes a aquel tramo.

Por la incertidumbre de esta afirmación, no aparecen tampoco delimitados en la Hoja que acompaña.

*Oligoceno:* Por analogía de facies con el fechado en Montalbán por Fallot y Bataller, atribuimos a este terreno y al tramo Estampiense el conjunto de areniscas, margas y calizas (éstas distintas), que aparece concordante con el Mesozoico en toda la extensión de la Hoja.

Aquellos geólogos encontraron en Montalbán, *Hidrobia*, *Dubuissoni*, Desch; *Otopoma Cadurensis*, Noul; y *Cainotherium Comune*, Brav. En otro lugar se reproduce el corte dado por Halme en este terreno, en las proximidades de Alcorisa.

En Andorra, bajo los potentes conglomerados de este horizonte, hay unos 60 metros de margas rosadas y oceres, y sobre aquéllas se encuentran otros conglomerados de elementos más finos a los que acompaña alguna arenisca caliza.

*Mioceno:* Representamos como correspondiente a este terreno una gran extensión de sedimentos comprendidos en la Hoja, y para la distinción de

este tramo con el Oligoceno, nos hemos debido de guiar del criterio tectónico, pues no se encuentran fósiles en uno ni en otro.

El Terciario horizontal o pseudohorizontal, ligeramente plegado en sus bordes, es el que consideramos como Mioceno. Se compone de conglomerados potentes, pero de algo menor consideración que los del Oligoceno. Areniscas más deleznable también y margas rojizas, pero no tan intensas de color, como las del terreno subyacente. Se extiende transgresivo sobre una gran superficie y se presenta horizontal. Sólo en la Sierra que separa a Val de Ariño del Valle de Alloza y al S. de Alcorisa, en la Ermita del Santo Sepulcro, se pliega muy suavemente en el mismo sentido que el Oligoceno subyacente. Este plegamiento sólo afecta a los horizontes bajos y se amortiguan hasta desaparecer en los altos, en la forma que se indica en el croquis siguiente. Es importante la mancha que rellena el sinclinal al N. de Alcorisa, aparte de la que con gran extensión va desde Calanda, al Norte, buscando el valle del Ebro. A falta de argumentos paleontológicos para referir este tramo a un piso determinado, del Mioceno, hemos de basarnos en un criterio litológico, es decir, en la facies que presenta, que por analogía con los horizontes descritos en el valle del Ebro por Royo Gómez (45), creemos que podría incluirse en el Tortoniense. El Cerro Montalbo y el Cerro Mata (fuera de la Hoja), lo hemos atribuido a un horizonte superior más calizo, ya que en él, aparte de margas blancas, se encuentran calizas en horizontes de 0,50 a 1 m., en los que hemos hallado restos fósiles, pero que a nuestro juicio, por su facies, representa ya el Pontense».

#### C u a t e r n a r i o.

Sólo representado por derrubios de ladera y la zona aluvial de los ríos Bergante y Guadalopillo.

### III. PALEONTOLOGÍA

En el plano adjunto, se encuentran situados las estaciones en las que se encontró fauna y ésta fue clasificada, macroscópica y microscópicamente. Los estudios realizados por los Laboratorios de Micropaleontología y Micropaleontología, se dan a continuación:

#### a) Macropaleontología

*Punto (a)*: Al techo de la arcilla. *Exogyra flabellata*, Goldf. Neocomiense.—*Exogyra pseudo-africana*, Choff. Cenomanense.

*Punto (b)*: Junto al km. 24, de la Cañada. *Lacraptychus latus*, Park. Jurásico superior.—*Nautilus* sp. Jurásico.—*Ammonites*, inclasificables.—*Bellerophontes*, inclasificables. Jurásico.

*Punto 3 A*: *Rhynchonella tetraedra*, Sow. Charmutiense.

*Punto 4 A*: *Zeilleria punctata*, Sow. Charmutiense.—*Zeilleria subpunctata*, Dav. Charmutiense.—*Zeilleria Jauberti*, Desl. Charmutiense-Toarciense.—*Waldheimia lycetti*, Dav. Toarciense. *Epithyris subovoides*, Röem. Charmutiense. — *Rhynchonella tetraedra*, Sow. Charmutiense. — *Rhynchonella northamptonensis*, Dav. Charmutiense.—*Rhynchonella cynocephala*, Rich. Toarciense.—*Rhynchonella bouchardi*, Dav. Toarciense.—*Rhynchonella variabilis*, Schlot. Charmutiense.—*Rhynchonella amalthei*, Quens. Charmutiense.—*Rhynchonella jurensis*, Quens. Toarciense.—*Rhynchonella dumbletonensis*, Dav. Charmutiense.— *Rhynchonella lycetti*, Dav. Charmutiense.

*Punto 7 A*: *Rhynchonella y terabratulas*, inclasificables.

*Punto 52 A 2*: *Rhynchonella lycetti*, Dav. Charmutiense.—*Rhynchonella lycetti*, Dav. Toarciense.

*Punto 52 A 3*: *Natica* cf. *athleta*, D'Orb. Jurásico sup. ?

*Punto 55 A*: *Aucella crassiocollis*, Keys, Jurásico sup. — *Terebratula* sp. Jurásico.

*Punto 61*: *Rhynchonella tetraedra*, Sow. Charmutiense.—*Zeilleria punctata*, Sow. Charmutiense.—*Pseudopecten aequivalvis*, Sow. Charmutiense.—

*Punto 63 A*: *Exogyra flabellata*, Goldf. Neocomiense-Campaniense.—*Exogyra pseudo-africana*, Choff. Cenomanense.—*Cardium* sp. Cretáceo.—*Serpula gordialis*, Schlot. Cenomanense.

*Punto 69 A*: *Rhynchonella multiformis*, Roemer. nov. var. Titónico.—*Plectatula* sp. Jurásico.—*Perisphinctes richteri*, Oppel. Titónico.—*Aspidoceras seuschneri*, Zitt. Titónico.—*Aspidoceras* sp. Jurásico sup.

*Punto 75 A*: *Zeilleria punctata*, Sow. Charmutiense.—*Zeilleria subpunctata*, Dav. Charmutiense.—*Rhynchonella northamptonensis*, Dav. Charmutiense.—*Rhynchonella* cf. *forbesii*, Dav. Charmutiense-Toarciense.

*Punto C Km. 23.000*: *Virgatosphinctes transitorius*, Oppel. Titónico.—*Perisphinctes contiguus*, Catullo. Titónico.—*Perisphinctes* sp. Titónico.—*Peltoceras* cf. *athleta*, Sow. Titónico.

#### b) Micropaleontología

9 A: Caliza colítica ocre.—Lámina transparente.—Matriz hialina, llena de nódulos redondeados, en forma de pseudo-colitos. Contiene frecuentes restos: Lamelibranquios, Equinodermos, Gasterópodos, Algas y Valvulnidos grandes.—Edad dudosa. Posible Malm.

10: Caliza pardo-ocre.—Lámina transparente.—Matriz caliza, muy fina-

mente detrítica, con nódulos margosos y restos mal conservados: Equinodermos, Lamelibranquios, Nautiloculina, Ophthalmídeos, Valvulinidos. — Edad Kimmeridgiense-Portlandiense.

10 A: Caliza recristalizada ocre.—Lámina transparente.—Pasta caliza alterada y llena de granos romboédricos.—Contiene muchos restos mal conservados: Lamelibranquios, Equinodermos, Lingulina, Lenticulina, Ostrácodos, pequeños Gasterópodos, Anélidos y gran número de nódulos margosos.—Edad Kimmeridgiense-Portlandiense.

12 A: Caliza recristalizada muy alterada, ocre.—Lámina transparente.— Toda la roca es un conjunto de pequeños nódulos calizos ovales, cementados por una pasta también caliza, a veces hialina.—Sin fósiles.—Edad indeterminada. Acaso Terciario lacustre-salobre.—Cenomanense?

15 A: Roca alterada, de aspecto arenoso, ocre rosada.—Levigada.—Residuo formado casi exclusivamente por granos de cuarzo finos, con fragmentos margosos, que recuerdan a los tubos de revestimiento de Algas.—Ambiente continental. Acaso Terciario. Albense?

24 A: Caliza recristalizada blanquecina.—Lámina transparente.—Pasta hialina.—Llena de nódulos margosos de todos los tamaños y frecuentes restos: Gasterópodos (muy abundantes), Lamelibranquios, Ophthalmídeos.—Edad dudosa. Posible Kimmeridgiense-Portlandiense.

25 A: Caliza recristalizada ocre clara.—Lámina transparente.—Matriz caliza fina, a veces hialina, llena de nódulos margosos y abundantes restos: Nautiloculina, Trocholina, Ophthalmídeos, Ostrácodos, Valvulinidos, Actinoporella?, Acicularia.—Edad Kimmeridgiense-Portlandiense.

26 A: Caliza recristalizada pardo-ocre.—Lámina transparente.—Pasta caliza, con granos de tendencia a la forma romboédrica, llena de nódulos redondeados margosos y frecuentes restos mal conservados: Valvulinidos, Lamelibranquios, Cayeuxia, Acicularia, Miliólidos, Nautiloculina, Gasterópodos y Macroporella.—Edad Kimmeridgiense-Portlandiense.

27 A: Caliza recristalizada blanquecino-parda.—Lámina transparente.—Pasta caliza finísima, rica en restos orgánicos y con algunos romboedros de carbonato. Hay fragmentos de Lamelibranquios, Ophthalmídeos, Lituosepta, Miliólidos, Trocholina, Salpingoporella, Polygonella, Glypeina, Nautiloculina y Killianina?—Edad Kimmeridgiense superior-Portlandiense.

28 A: Caliza recristalizada pardo-ocre.—Lámina transparente.—Pasta caliza finísima, llena de restos: Nódulos margosos, Equinodermos, Lamelibranquios, Gasterópodos, Braquiópodos, Lingulina, Valvulinidos, Ostrácodos, Protovidalina.—Charmutiense superior-Toarciense.

33 A: Caliza recristalizada ocre-parda.—Lámina transparente.—Matriz margosa, llena de restos mal conservados: Equinodermos, Braquiópodos, Lamelibranquios, Lingulina, Macroporella, Glomospira, Gasterópodos.—Edad algo dudosa. Toarciense?

38 A: Caliza brechoide ocre-rojiza. Lámina transparente.—Matriz margosa, llena de nódulos más oscuros grandes y pequeños, algo de cuarzo y frecuentes calcificaciones de origen vegetal, entre ellas Characeas y algunos Ostrácodos.—Depósito lacustre del Terciario. Mioceno?

47 A: Caliza recristalizada ocre-pardo-clara.—Lámina transparente.—Pasta muy fina, con algunos restos difusos, que recuerdan a espículas y Radiolarios.—La roca, muy fracturada por figuras rellenas de calcita.—Edad indeterminada. Lias?

32 A 4: Caliza recristalizada ocre.—Lámina transparente.—Pasta caliza muy fina, llena de restos: trozos de Equinodermos, abundantes Lingulina, Gasterópodos, Ostrácodos, Radiolarios?, Eraquiópodos, Valvulinidos- Lamelibranquios.—Edad Charmutiense superior-Toarciense.

67 A: Caliza brechoide parda. — Lámina transparente. — Matriz caliza muy fina, a veces hialina, llena de restos orgánicos, que pueden estar fosilizados en glauconia, y muchísimos granos romboédricos de calcita. Hay Equinodermos, Orbitolinas, Lamelibranquios, Serpula, Miliólidos, Ostrácodos.—Edad Cenomanense inferior.

69 A 1: Caliza colítica, ocre-pardo-clara.—Lámina transparente.—Matriz hialina, llena de pequeños nódulos margosos y colitos, junto con abundantes restos orgánicos: Equinodermos, esquirlas finas (protoconchas), Ostrácodos, Lenticulina, Gasterópodos, Ophthalmídeos.—Edad dudosa dentro del Jurásico. Dogger?

74: Caliza recristalizada ocre-parda.—Lámina transparente.—Matriz hialina, llena de nódulos margosos y frecuentes colitos, junto con muchos restos orgánicos: Equinodermos, Ostrácodos, Ophthalmídeos, Lagénidos.—Igual edad que la anterior. Jurásico. Dogger?

#### IV. ESTRUCTURA

Los contactos visibles, de forma neta, entre el Jurásico y las formaciones arcillosas, arenosas, carboníferas y de lignitos, los encontramos en las minas «Castellets» y «Manolita», donde los terrenos Aptense-Albense se encuentran yaciendo sobre el Jurásico. Este último, en los dos socavones generales de las anteriores minas, se halla fracturado y brechoso sin encontrar estratificación. El contacto es discordante.

A continuación, los tramos Aptense-Albense, donde se sitúan los yacimientos de caolín y al techo, un Cenomanense calizo concordante, en toda la región estudiada, sobre las formaciones anteriores.

Por la índole del trabajo no se ha tenido en consideración la probable existencia de formaciones cretáceas más altas.

Por iguales motivos no se ha presentado atención a las formaciones más modernas. Gálvez Cañero, en la Hoja Geológica de Calanda, núm. 494, habla del Eoceno hallado por él al N. de La Ginebrosa, datándola en el Ipre-siense. Tanto para este piso como para el Oligoceno y Mioceno, nos referiremos a este autor (ver Estratigrafía).

Parece evidente la existencia de alguna ligera discordancia entre Jurásico y Cretáceo, debiendo existir algún plegamiento poco intenso y erosión diferencial en el Jurásico.

Desde el Aptense-Albense hasta el Oligoceno inferior, las formaciones parecen concordantes y los plegamientos deben comenzar al final del Oligoceno y continuar hasta el Mioceno medio. El Mioceno superior está horizontal o plegado muy suavemente.

En la región estudiada la alineación estructural pasa de W-NW al Este, a E-NE al Oeste con direcciones aberrantes, como la de la anticlinal situado al Este de Los Olmos, que tiene dirección N-NW., y que atribuimos a probable fractura del basamento de dirección análoga y a la existencia del Trias margo-yesoso y posibilidad de acumulación de este material a forma de domo.

Aparte del anticlinal de Calanda, que constituye una unidad estructural bien diferenciada, la característica de esta zona son los cabalgamientos de gran extensión longitudinal: el principal de ellos es el que se extiende desde el E-SE. de Cerollera, N. de Cañada de Verich, S. de Torrevelilla y S. de Foz Calanda, alcanzando su máxima complicación estructural entre el vértice geodésico «Costado» (cota 771) y la carretera de Alcorisa a Mas de la Matas, donde entre los kilómetros 4 a 6 (aproximadamente), formaciones de Lias se apoyan sobre un Oligoceno plegado fuertemente y a veces casi vertical.

Al NW. de La Ginebrosa, se inicia otro cabalgamiento (en que aparece un retazo ligerísimo de formación caolinífera, en contacto anormal con Oligoceno), que da lugar a cabalgar el Jurásico sobre Jurásico, y que, al S. del Val de la Piedra, cabalga sobre el Oligoceno conglomerático. (Algunas ventanas hacen posible ver el Trias margo yesoso infrayacente). Continuando con menos violencia hacia el W-SW, hasta el S. de Berge, donde se resuelve en una estructura anticlinal, más o menos volcada y fallada al Norte, y con ondulación de su eje.

Esta es en general la tónica de la región. Parece haber sufrido empujes hacia el NE y NW, en dirección a la depresión del Ebro. Estos cabalgamientos han de tenerse en cuenta para la visión minera de la región, al producir laminaciones y emigraciones del material arcilloso, como probablemente interrupciones por fallas, a niveles más o menos profundos.

## V. ANÁLISIS QUÍMICOS DE 14 MUESTRAS DE ARCILLAS CAOLINÍFERAS TOMADAS EN DIVERSOS LUGARES DE LA REGIÓN (VER PLANO II)

Como antecedente indicaremos que el Consejo de Minería, con fecha 3 de enero de 1957, expidió certificación de un informe, en el cual se dice:

«Deberán considerarse como caolines aquellas sustancias que después de adecuado tratamiento (lavado, preparación mecánica y otros procedimientos de concentración), tengan, además de la blancura propia de aquéllos, una composición que contenga de treinta y tres a cuarenta por ciento de alúmina ( $Al_2O_3$ ); cuarenta y cinco o sesenta de sílice ( $SiO_2$ ); once a catorce por ciento de agua; pequeñas cantidades de óxido de hierro, sin exceder del dos por ciento (2 por 100) y otras impurezas, sosa, potasa, cal, magnesia, etcétera; cuya suma no exceda del tres por ciento (3 por 100) y prácticamente sin laminitas de mica, ni piritas que dificulte su aplicación a ciertos usos».

Muestras	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Mg O	K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	Pérdida por calcinación
1	44,34	39,54	0,72	0,20	0,12	0,40	14,68
2	47,34	34,35	1,90	0,28	0,30	1,02	14,81
3	47,60	34,45	0,87	0,30	0,30	1,77	14,71
4	53,26	25,38	8,57	indicios	0,90	0,90	10,99
5	50,00	27,18	8,80	0,12	0,20	1,16	12,54
6	53,30	23,78	8,80	indicios	0,48	1,20	12,04
16 A	53,20	25,38	8,50	0,10	0,80	1,43	9,59
17 A	47,70	34,42	1,93	0,27	0,30	1,03	14,35
18 A	45,24	32,01	4,22	0,17	0,11	0,48	16,77
19 A	45,46	33,30	1,16	0,30	0,48	1,03	13,27
62 A	51,20	39,03	1,08	indicios	indicios	1,39	7,30
71 A	53,20	23,16	1,13	0,28	0,43	1,02	10,78
71 A 2	47,30	28,95	6,23	0,30	0,33	1,01	13,99
71 A 3	48,20	27,98	8,70	indicios	0,33	0,80	13,99

## VI. CUBICACIÓN

El análisis de las muestras tomadas en el socavón de la mina «Castellets» y en otros lugares (ver plano II), indica, que no todas las muestras de arcillas que se han tomado, son, *sin lavar*, auténticos caolines, pero sí, que es muy probable que un lavado y enriquecimiento consiguiente pudieran hacer explotable una potencia bastante mayor que la que actualmente se explota en todas las minas de la región estudiada.

Para una estimación de reservas «inmediatas», consideraremos solamente una potencia media de 5 metros para caolines «vendibles» en boca de mina, es decir, sin tratamiento alguno, y se puede estimar en 15 metros la potencia total media de las caolinitas explotables *con un adecuado tratamiento*.

Si tenemos en cuenta que la tectónica regional ha actuado violentamente ocasionando a veces laminaciones y adelgazamiento, como igualmente la posibilidad de esterilizaciones locales por cambio de facies, dentro de los terrenos de la formación que contiene los yacimientos caolínicos, multiplicaremos las potencias anteriores por un factor de reducción que podría ser del orden de 0,75, resultando para toda la extensión del yacimiento unas cifras de 3 y 11 metros (números redondos), para potencias de mineral vendible directamente sin lavar y potencia total de mineral dispuesto para tratamiento.

Para un intento de cubicación mínima consideraremos las diversas longitudes de afloramientos visibles en formaciones aptas, para potencias medias de 3 y 11 metros, dando una profundidad económica de 200 metros, habida cuenta de los factores estructurales y de facies, que pueden limitar la continuidad del criadero.

Así tendríamos aproximadamente:

La Cañada de Verich-Cerollera .....	9	Km.	afloramiento.
Val de la Piedra .....	3,5	»	»
SW. del vértice «Costado» .....	2,5	»	»
S. y SE. de Alcorisa .....	4,5	»	»
Entre Berge y la carretera de Alcorisa a Las Matas	10	»	»
Los Olmos, S. de Los Olmos y SW. de Alcorisa...	13	»	»
	<hr/>		
<i>Total</i> ... ..	42,5	Km.	
	<hr/>		

que podemos redondear a 45 Km., considerando que en Los Olmos existe un anticlinal.

Por tanto, *grosso modo* cubicaríamos 54 millones de toneladas, vendibles directamente, y un total de unos 200 millones de toneladas beneficiables.

Para mayor seguridad multiplicaremos por un coeficiente de reducción 0,75. Como resultados más posibles tendríamos:

40.500.000 toneladas de mineral vendible directamente y 148.500.000 toneladas de mineral vendible después de tratamiento.

#### AGRADECIMIENTO

Agradecemos la ayuda prestada por la Jefatura de Minas de Teruel, especialmente la del ingeniero-jefe don Vicente Fernández Soler, quien con su

gran conocimiento de la minería caolínica turolense, así como de otros lugares de la Península y del extranjero, nos orientó amablemente en nuestro cometido. Igualmente agradecemos a la empresa propietaria de la mina «Castellets», de la Cañada de Verich (Teruel), las facilidades dadas para el reconocimiento de la anterior mina, especialmente a su director facultativo, que amablemente nos acompañó en el recorrido de las labores mineras

Recibido el 2 agosto 1963.

V. V. BELOUSSOV (\*) (\*\*)

## EL ORIGEN DE LOS PLEGAMIENTOS EN LA CORTEZA TERRESTRE

### RESUMEN

Según recientes estudios especializados, los fenómenos de plegamiento representan la reacción de las capas estratificadas de la corteza terrestre ante movimientos diferenciales verticales de bloques de la misma. Se distinguen los siguientes tipos de plegamientos: El *plegamiento de bloques*, que es la reacción más directa de las capas ante los movimientos verticales de los bloques, siendo la principal característica de este tipo de plegamiento los pliegues en forma de caja. Aparecen en plataformas y en geosinclinales. El *plegamiento de inyección* debido a movimientos horizontales de rocas plásticas, las cuales, al ser estrujadas, se desplazan de esas áreas y se acumulan en otras, donde forman núcleos de inyección o eclósión. El movimiento de rocas plásticas se produce a consecuencia de una carga desigual en las capas superiores y especialmente a partir de las fracturas que taján estas capas. Los pliegues de inyección aparecen principalmente en las prefosas y cubetas tectónicas. *Plegamiento metamórfico o profundo*, está relacionado con los procesos de grauitización y metamorfismo, cuando la densidad de las rocas disminuye como resultado de la impregnación de las mismas por sustancias volátiles. La disminución de densidad provoca un movimiento vertical ascendente, por lo cual se forman estructuras profundas en forma de diapiros. El plegamiento de *arrugamiento general* representa, principalmente, la influencia de las fuerzas de la gravedad que provocan el deslizamiento de las capas por las pendientes o escurriendo de las partes altas de los bloques elevados. Dicho escurrimiento produce fuerzas compresivas horizontales que arrugan las capas adyacentes en pliegues. Algunas veces el plegamiento de arrugamiento general se produce por un empuje lateral, bajo influencia mecánica de núcleos de inyección o de estructuras profundas metamórficas en forma de diapiros. El plegamiento profundo y el de arrugamiento general aparecen en cinturones geosinclinales. No hay señales, en los fenómenos de plegamiento, de la existencia de fuerzas generales de compresión en la corteza terrestre. La compresión horizontal existe solamente como fenómeno local y está limitada a algunas bandas estrechas dentro de geosinclinales. Las causas de compresión horizontal son también locales. Como fenómenos primarios de la corteza existen los movimientos verticales de bloques sueltos.

---

(\*) Instituto de Física de la Tierra, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.

(\*\*) Traducción del inglés, del «Journal of Geophysical Research», vol. 66, núm. 7 (1961), por A. Navarro, Ingeniero de Minas.



## ABSTRACT

In the light of recent special study, folding phenomena represent the reaction of the layered beds of the earth's crust on the differential vertical movements of separate blocks of the crust. It is possible to distinguish the following types of folding. *Block folding* represents the most direct reaction of layers on the vertical movements of the crust's blocks, the most characteristic of this type of folding being box-like folds. They occur both on platforms and in geosynclines. *Injection folding* is due to the horizontal flow of the more plastic rocks, which are squeezed out from some areas and accumulate in others, where injection or piercement cores are formed. The flow of plastic rocks results from the uneven load of superimposed layers and especially from the fractures that cut these layers. The main places of occurrence of injection folding are foredeeps and tectonic basins. *Metamorphic or deep folding* is connected with the processes of granization and metamorphism when the density of rocks becomes lower as the result of the impregnation of rocks by volatile substances. Reduced density induces upward flow, as a result of which deep diapirlike structures are formed. The folding of *general crumpling* mostly represents the influence of gravitational forces provoking the sliding of layers down the slopes or the spreading out of the upper parts of the elevated blocks. Such spreading out creates horizontal compressive forces which crumple the adjacent layers into folds. Sometimes the folding of general crumpling is created by the pushing apart under the mechanical influence of injection cores or of deep metamorphic diapirlike structures. The deep folding and the folding of general crumpling occur widely in geosynclinal belts. There are no indications in the phenomena of folding of the existence of general compressional forces in the earth's crust. Horizontal compression exists only as a local phenomenon and is limited to some narrow belts within geosynclines. The causes of horizontal compression are also local. Only vertical movements of separate blocks of the crust exist as primary phenomena.

## INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Las capas de las rocas sedimentarias se forman en un principio en posición horizontal, como ya vio Leonardo de Vinci hacia finales del siglo xv. En el xvii Nikolaus Steno, estudiando las rocas de Toscana, se convenció de que las capas que observaba inclinadas hacia el horizonte, se habían movido de su posición horizontal gracias a la acción de ciertas fuerzas mecánicas (Steno, 1669). En el siglo xviii M. V. Lomonosov, mientras observaba los estratos de las rocas montañosas que se apilaban como bóvedas de ladrillo hundidas, un sillar sobre otro, en hileras, a través, levantadas de lado, consideraba esta irregularidad de depósito de los estratos como resultado de la actividad de llamas subterráneas, las cuales, «rompiendo el plano que está encima y a través de grietas, buscaban el camino hacia espacios abiertos». Cuando por fin abandonaban a su propio peso las maceradas juntas, dicho peso no era capaz de arreglar las piezas rotas y ponerlas en su posición primitiva ordenada (Lomonosov, 1763).

Al final del siglo xviii, los investigadores llegaron a distinguir gradual-

mente una cierta regularidad geométrica en el aparente desorden de la disposición de los estratos, observado principalmente en las regiones montañosas. Se notó que las partes separadas de los estratos inclinados podrían juntarse en series de curvas onduladas más o menos regulares, concavas o convexas, conocidas actualmente con el nombre de pliegues. Los pliegues se diferencian de tamaño desde los pequeños que se pueden ver en un pedazo de roca no mayor que la palma de la mano, hasta enormes curvas de varios kilómetros de extensión.

Desde entonces se han hecho grandes progresos en el estudio de los plegamientos formados en los estratos de rocas de la corteza terrestre. En muchas regiones la forma del plegamiento se ha estudiado con detalle y se ha llegado a conocer muchas características de su geometría. Se ha visto que el plegamiento intensivo se origina en los geosinclinales, es decir, en las zonas más móviles de la corteza terrestre, caracterizadas por una gran amplitud y contrastes de movimientos oscilatorios verticales de la corteza.

Hay dos etapas en el desarrollo de todo geosinclinal (Beloussov, 1956, 1958, 1959a). Durante la primera etapa predomina el hundimiento de la corteza terrestre: el geosinclinal es una cuenca marina sobre un fondo en hundimiento, sobre el cual se van acumulando sedimentos de una potencia de varios kilómetros, y las zonas elevadas dentro del geosinclinal tienen forma de archipiélagos. Durante la segunda etapa, en contraste con la primera, predomina el movimiento ascendente, aparecen nuevos archipiélagos que aumentan de extensión y acaban formando cordilleras, el mar se aparta del geosinclinal y éste se convierte en un relieve montañoso. Los estratos se arrugan formando pliegues principalmente durante la segunda etapa; el proceso de plegamiento está íntimamente ligado con el desarrollo de altas elevaciones en el geosinclinal. Como se sabe que ambas etapas del desarrollo del geosinclinal son periódicas y en cierto modo sincrónicas en todos los continentes, se pueden distinguir ciertas épocas en la historia de la corteza en las cuales la transformación de las capas en pliegues fue de mayor intensidad. Desde el comienzo del Paleozoico estas épocas de fuerte plegamiento tuvieron lugar a finales del Ordoviciense y al principio del Siluriano (época de plegamiento Caledoniano), en el Carbonífero superior y medio, (Herciniano), en el Paleógeno y Neógeno (Alpino). En las costas del Océano Pacífico la última etapa de plegamiento se desarrolló algo más pronto, al final del Jurásico y al principio del Cretáceo.

Estas épocas de plegamiento alternan con periodos de calma relativa que coinciden en tiempo con las etapas de máximo hundimiento en los geosinclinales. Todo plegamiento que ha sido activo durante una cierta época forma su propia zona plegada en la superficie de la tierra. En relación con esto, las zonas plegadas Caledonianas, Hercinianas y Alpinas, se distinguen de otras zonas plegadas numerosas y antiguas (pre-Paleozoicas). Las etapas

plegadas en diferentes edades se solapan mutuamente y el proceso de plegamiento puede ocurrir varias veces en el mismo lugar. Dado que durante el proceso de la historia geológica los sinclinales se van haciendo más estrechos y ocupan áreas más pequeñas de la superficie terrestre, las zonas plegadas también se contraen; el plegamiento Alpino aparece en fajas mucho más estrechas que el plegamiento Herciniano, éste tiene un área menor que el Caledoniano, etc. Tan pronto como el geosinclinal se extingue en una cierta área, ésta forma una plataforma y no experimenta posteriores plegamientos reales. Debido a estas circunstancias, la estructura geológica de la plataforma tiene dos ciclos diferentes: el ciclo más bajo es el basamento plegado de la plataforma, que se formó y arrugó formando pliegues cuando aún actuaban las condiciones del geosinclinal; el ciclo superior es el llamado de **cobertera de plataforma**, con estratos intactos que no experimentan plegamientos fuertes.

La distinción entre los diferentes tipos de plegamiento se ha establecido sólo hace pocas décadas (Beloussov, 1945). El plegamiento de las cadenas montañosas de los geosinclinales, que hasta hace poco llamaron tanto la atención, se ha visto que no es más que uno entre los diferentes tipos de plegamiento. A este plegamiento se le llama a menudo lineal, debido a la forma alargada de los pliegues con ondulaciones paralelas estrechas; también se llama completo u holomórfico, porque cubre enteramente toda la zona plegada, sin dejar ningún área sin plegar.

Otro tipo de plegamiento es el de forma de cúpula o discontinuo (idiomórfico), que se compone de elevaciones separadas que tienen forma de cúpulas redondas u ovaladas, o bultos alargados. Estos pliegues se alinean en una longitud desde cientos de metros hasta una veintena de kilómetros y en una anchura de una veintena de metros hasta 1,5-2 kilómetros. Algunas veces forman una cadena de dirección constante y otras están dispersados en desorden. Es peculiar en ellos que entre las elevaciones los estratos estén sin deformación, formando sólo pliegues convexos y ninguno cóncavo.

El plegamiento del segundo tipo, así como el del primero, se desarrollan en geosinclinales. Ocupan las partes exteriores del geosinclinal y las partes interiores del mismo, que tienen un desarrollo relativamente tranquilo de movimientos oscilatorios de la corteza. Por ejemplo, son zonas de desarrollo de tales plegamientos, las depresiones intermontañas encontradas en geosinclinales, entre altas cordilleras y en los bordes de un geosinclinal en las profosas que separan el geosinclinal de una plataforma continental.

El segundo tipo de plegamiento, no sólo se observa dentro de los geosinclinales; también se encuentra en plataformas principalmente en las partes hundidas, las llamadas «synclisis». En general, el plegamiento discontinuo o en forma de cúpula está mucho más extendido por toda la superfi-

cie de la tierra que el plegamiento completo, especialmente durante los recientes ciclos geotectónicos.

Mientras que la morfología del plegamiento y la historia de su desarrollo se ha estudiado más o menos satisfactoriamente, es realmente escaso el progreso alcanzado en el estudio de las causas del plegamiento. No debemos estar muy lejos de la verdad si pensamos que durante muchas décadas no se ha conseguido nada en este campo.

Durante mucho tiempo (todo el último cuarto del siglo XIX y principios del XX), se dio como buena la hipótesis de la contracción como origen del plegamiento. Según esta hipótesis, el globo terráqueo se había contraído, haciendo que la corteza se arrugara. Este concepto es demasiado bien conocido para que se vuelva a explicar en este trabajo. Su importancia deriva de suponer que la actividad de las fuerzas de arrugamiento dirigidas en todo lugar horizontalmente, es la que provoca en la mayoría de las zonas plásticas de la corteza, principalmente los geosinclinales, unas arrugas en pliegues, como si fueran estrujadas bajo la presión de duras plataformas que se acercaran unas a otras.

La teoría de la contracción no puede mantenerse una vez vistas las observaciones hechas por los científicos modernos. No sirve para interpretar el extremadamente complejo aunque regular desarrollo de movimientos oscilatorios de la corteza terrestre. Le falta explicar el plegamiento discontinuo de los geosinclinales y en las plataformas continentales, ya que la formación de bóvedas aisladas en forma de cúpulas no puede ser resultado de contracciones de la corteza terrestre. Los modernos cálculos de la historia térmica de la tierra nos llevan a la conclusión de que el globo se está todavía calentando, o en todo caso no se está enfriando (no debe pasarse por alto que la hipótesis de la contracción nació antes del descubrimiento de la radioactividad, con la cual está relacionado el flujo de calor del interior de la tierra). Muchos otros descubrimientos contradicen también esta hipótesis.

La vieja teoría de la contracción fue seguida por otras teorías referentes a los procesos en el interior de la tierra, que también daban por supuesto que el plegamiento es el resultado de arrugamientos horizontales de la corteza terrestre, si no simultáneamente por toda la superficie de la tierra, al menos en grandes áreas.

Por ejemplo, podemos considerar una de estas teorías (Wegener, 1922), la hipótesis de los continentes a la deriva, que relaciona el plegamiento con la presión que los continentes ejercen uno sobre otro al chocar entre sí. También existe la hipótesis de corrientes bajo la corteza terrestre (Krauss, 1959). Aplicando la posibilidad de existencia en el manto de la tierra de lentos desplazamientos de material como corrientes de convección, la hipótesis supone que allí donde la corriente subcortical forma un remolino, también

la parte superior de la corteza debería ser absorbida. La parte central del área, baja de nivel, los bordes elevados se aproximan entre sí, y los estratos del área se arrugan formando pliegues.

Todas estas ideas relacionan el plegamiento con la compresión horizontal de partes de la corteza terrestre. En contraste, surgieron otras teorías que interpretaron el proceso de plegamientos con principios enteramente diferentes. La primera de estas interpretaciones es la teoría del origen gravitacional del plegamiento (Haarmann, 1930; Bemmelen, 1954). Esta hipótesis sostiene que la corteza terrestre como conjunto no soporta una compresión, sino que solamente sufre levantamientos lentos, verticales, en forma de ondas. En los flancos de las elevaciones los paquetes de rocas con propiedades plásticas y deslizantes están en condiciones inestables y lentamente pueden ir deslizándose bajo la acción de la gravedad, aunque los ángulos de inclinación puedan ser pequeños. Al sufrir la resistencia de rocas que están por debajo y a lo largo de las vertientes, los estratos en movimiento se deforman en pliegues.

Estas ideas más nuevas consideraban el plegamiento como un fenómeno secundario que resulta de los movimientos verticales oscilatorios de la corteza terrestre. Relacionan estos movimientos oscilatorios mucho mejor con la formación de plegamientos que las teorías anteriores y vencen las dificultades de la explicación de plegamientos discontinuos: las protuberancias separadas podrían ser consideradas como resultado de la actividad de movimientos locales verticales de la tierra, análogos a los movimientos oscilatorios.

La solución del problema del origen del plegamiento está mucho menos clara por un obstáculo que deberá parecer extraño a investigadores de otras ciencias. Aunque es evidente el significado práctico y teórico de estas causas del plegamiento, hasta muy recientemente nadie estuvo especialmente ocupado con este problema. No parecía imposible que esta confusa cuestión se hubiera resuelto por casualidad al estudiar otros asuntos, quizá con investigaciones geológicas, o al examinar la estructura geológica de ciertos depósitos.

#### ESTUDIOS RECIENTES

Sólo durante los últimos años, el Instituto de Física de la Tierra, de la Academia de Ciencias de la U. R. S. S., encabezado por el autor, ha hecho investigaciones especiales sobre los plegamientos.

El estudio de la estructura detallada y la historia del desarrollo de las zonas plegadas formaron la base de estas investigaciones. Además, el material natural para estas observaciones se eligió desde el punto de vista

de este problema sólo y exclusivamente, sin necesidad de adaptarse a las necesidades de otras tareas.

Desde luego, el problema del origen del plegamiento, como cualquier otro problema científico, es infinito y no se puede pensar en resolverlo por completo. Sin embargo, los adelantos en su solución se pueden definir con certeza: en este artículo el autor intenta dar un informe breve de algunos resultados obtenidos durante los más recientes trabajos hechos sobre esta materia.

El primero y quizá algo sorprendente resultado fue la conclusión de que el geólogo durante las investigaciones geológicas de regiones con plegamientos complejos, no podía reflejar con exactitud el plegamiento tal como era en realidad, limitado como estaba por las escalas dadas de los mapas y por los cortes que estaban dibujando. En cierta medida, se veía obligado a contentarse con una aproximación. A menudo esta aproximación acababa en una seria distorsión de las formas y tamaños reales de los pliegues, y estas formas y tamaños son los criterios más importantes para comprender el proceso de su formación. Debido a esta circunstancia, una investigación específica reveló muchas particularidades de la morfología de los pliegues y sus grupos que anteriormente apenas habían llamado la atención.

Las investigaciones tuvieron lugar en varias regiones de plegamientos de la U. R. S. S., pero principalmente se concentraron en el Cáucaso, donde las condiciones de trabajo eran mejores. Se aplicaron datos de estructuras de plegamientos en el extranjero. El método de simular el proceso de plegamiento en pequeños modelos de materiales plásticos (petróleos, resina, arcilla), etc., resultó ser muy útil para comprender muchas cuestiones referentes al mecanismo del proceso de plegamiento.

Los pliegues que se observan en la naturaleza se dividen no en dos, como en las recientes clasificaciones, sino en cuatro tipos, que dependen de los mecanismos inmediatos de su formación. Esta clasificación se puede llamar cinemática, porque está basada en el carácter de los movimientos de las capas de la corteza que dan por resultado la formación de pliegues (ver también *Beloussov, 1959*).

El tipo primero y más simple es el *plegamiento de bloques*. La formación de este plegamiento está directamente relacionada con el levantamiento vertical de bloques individuales de la corteza terrestre. A una cierta profundidad, por ejemplo, en el basamento relativamente duro de la plataforma, dichos bloques están limitados por fracturas verticales o casi verticales. Pero en los estratos de cobertura de la plataforma, que son más plásticos, el levantamiento de los bloques puede dar por resultado el arqueamiento de los estratos sin fracturas. Este arqueamiento se llama transversal, porque la fuerza del mismo está aplicada perpendicularmente al estrato.

La forma más característica de este tipo de plegamiento es la forma de caja de los pliegues. Muchas veces son asimétricos, con un flanco muy pendiente y el otro ligeramente inclinado (fig. 1). El modelo muestra que cuando las rocas plásticas que forman la cobertera tienen mucha potencia, la forma de los estratos al arquearse cambia marcadamente desde el fondo hacia arriba, empezando por abajo en forma de caja y cambiando gradualmente hasta llegar a ser un arqueamiento suave. Puede suponerse que las protuberancias ligeramente inclinadas y las cúpulas de las regiones petrolíferas del Estded de la plataforma rusa con estratos que buzanan de 1 a 2 grados; son ejemplos de este mecanismo de formación. En profundidad están relacionados con el levantamiento de bloques de la corteza terrestre a lo largo de las fallas.

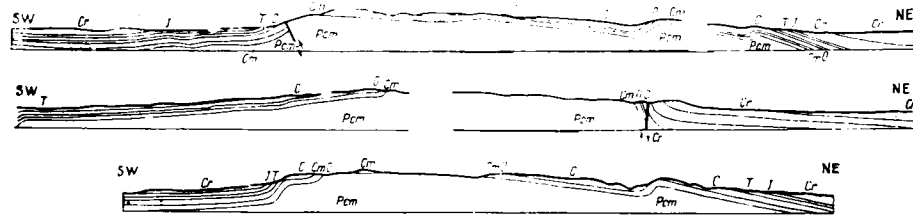


Fig. 1

El desplegamiento de bloques, se encuentra tanto en plataformas como en geosinclinales. En aquellas el plegamiento de bloques está expresado en su forma «más pura», aunque la amplitud de los pliegues por término medio es menor que en los geosinclinales. Dentro de éstos, los pliegues de bloques se ven con más claridad en las prefosas y en las depresiones intermontañas, pero sin duda aparecen también en zonas de elevación, donde frecuentemente están disimuladas bajo plegamientos de otros tipos.

El segundo tipo de plegamiento es el de *inyección*.

En las formaciones sedimentarias, cuando se depositan una serie de rocas especialmente plásticas, tales como sales, yesos, arcillas o finas alternancias de arcillas y margas, bajo ciertas condiciones, estos materiales pueden empezar a moverse. En este proceso el material plástico proviene de ciertas localidades y al desplazarse a una cierta distancia, en dirección horizontal, se acumula en otros lugares. En las áreas desde donde viene este material, disminuyen la cantidad y la potencia de las series plásticas; y, por tanto, en los lugares de acumulación las series engrosan, formando bultos. Pueden tener la forma de lentes (fig. 2a): a menudo son como cúpulas o parecen (fig. 2b) protuberancias. Frecuentemente el material plástico se acumula formando una columna que alcanza la altura de varios kilómetros, con un diámetro de cientos de metros (fig. 2c). La forma que

adquiere la masa al ser moldeada depende mucho de la estructura de los estratos superiores y principalmente de la existencia de fracturas en ellos. Es posible que el material aproveche las fracturas para sus movimientos.

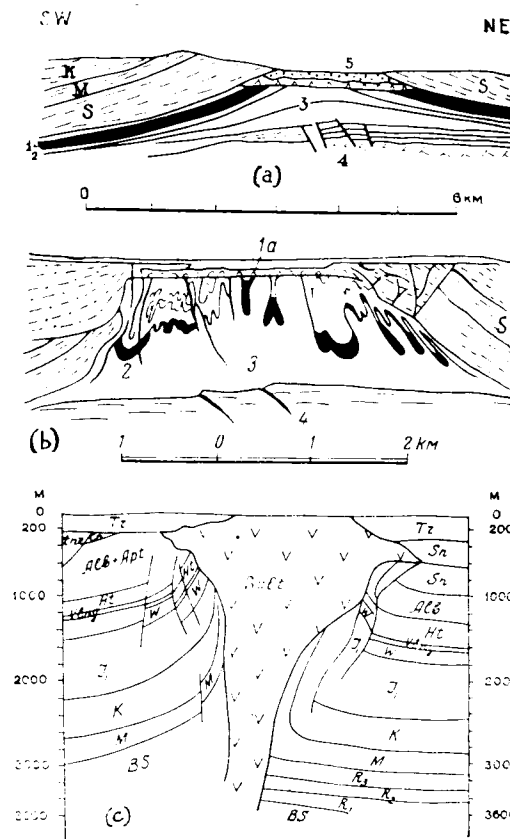


Fig. 2.—Pliegues de inyección con núcleos de formas diferentes. (a) Núcleo de inyección formado por sales en forma de lentes: 1, 2, 3, sal y yeso del Permiano; 4, base Herciniana; 5, rocas de tapadera; S, M, K, rocas sedimentarias del Triásico, según Stille. (b) Núcleo de inyección en forma de tocón de un árbol formado por sales y anhídritas: 1a, roca de tapadera; 2 y 3, sales y anhídritas cuyos estratos están arrugados en forma de pliegues; 4, rocas subyacentes; 5, rocas de cubierta del Triásico, región de Hannover (RFA); según Seild (1913). (c) Núcleo de inyección salino en forma de columna; cúpula diapírica de la región de Hannover (RFA), las sales son Perminianas; las rocas de las paredes son del Triásico hasta el Cerciario; según Bentz (1949).

(fig. 3). A la vez los estratos superiores están afectados mecánicamente por el movimiento del material plástico inferior. Este material en los sitios de inyección levanta los estratos superiores y estos estratos, según la forma del «núcleo de inyección», se arquean en forma de cúpula o como una protuberancia alargada, estirándose y resquebrajándose a medida que se levantan.

tan. El material plástico puede romper los estratos que están encima de él, metiéndose en las fracturas, formando el «núcleo de eclosión», y empujar los estratos hacia un lado. Al mismo tiempo en los lugares de derrame del material plástico los estratos superiores se hunden un poco.

Al igual que el primer tipo de plegamiento, los pliegues de inyección se caracterizan por claros anticlinales alternando con subsidiencias amplias y suaves o con grandes zonas de estratificación tranquila (fig. 3).

La estructura interna del núcleo de inyección o eclosión es interesante. Si la masa plástica tiene buena formación de estratos, se ve a menudo que los estratos plásticos del núcleo de inyección se curvan formando pliegues pequeños complejos y apretados (repliegues) (fig. 2b). La potencia de estos estratos plásticos en el lugar de inyección aumenta como resultado de arru-



Fig. 3.—Pliegue con núcleo de inyección de arcilla (montañas del Jura, Francia). S, Arcillas del Oxfordiense del Jurásico superior. El núcleo de inyección está formado a lo largo de fracturas en los estratos superiores de las rocas. Según Glangeaud y Schneegans (1949-1950).

garse para formar pliegues, aunque la potencia de cada estrato tomado independientemente permanezca inalterable. En situaciones más simples los estratos plásticos forman un pliegue simétrico o asimétrico convexo dentro del núcleo con buzamientos muy grandes que se van suavizando hacia los flancos más alejados del núcleo (fig. 3).

¿Cuáles son las causas del flujo horizontal subterráneo de rocas plásticas con formación de núcleos de inyección y eclosión? La causa general es la pérdida de equilibrio gravitacional en las capas sedimentarias y la necesidad de restaurar este equilibrio mediante redistribución de material.

Por ejemplo, si se depositan rocas con peso específico pequeño bajo rocas que lo tengan más alto, la distribución es inestable, ya que las rocas tienen propiedades plásticas y fluidales. Basta una pequeña curva de discontinuidad entre las rocas ligeras inferiores y las superiores más pesadas y la superficie horizontal superior para provocar una fluencia de las rocas ligeras desde el lugar donde la discontinuidad es algo más baja (donde las capas superiores ejercen mayor presión) hacia lugares de acumulación, en los que el techo de las rocas ligeras se eleva y, por tanto, es menor la presión. Una vez comenzado el movimiento, se desarrolla con continuidad: las rocas de menor peso se elevan y las más pesadas se hunden, tratando de

permutar de lugar con las más ligeras. Si las rocas superiores no están rotas por fracturas, las rocas más ligeras se acumulan dentro de las más pesadas formando columnas. La distancia entre estas columnas es mucho más grande que el diámetro de cada una de ellas. Los estratos superiores se levantan sobre estas columnas y forman cúpulas. Entre las cúpulas quedan grandes zonas donde los estratos superiores sufren una subsidiencia tranquila. Pero si los estratos superiores tienen fracturas lineales, el núcleo de inyección se adapta a ellas y toma la forma de un peine, con las púas hacia arriba, a lo largo de la fractura.

La representación más típica de esta clase de plegamiento de inyección es la cúpula diapírica con un núcleo salino. El peso específico de la sal (2,1) es menor que el peso específico medio de la mayoría de las rocas sedimentarias (2,3). Además, la sal sometida a ciertas condiciones de presión, fluye libremente. Por eso, cuando se deposita una capa salina, bajo estratos de

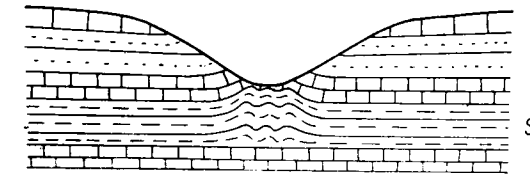


Fig. 4.—Esquema de la formación de estratos de inyección bajo un relieve desigual. Los estratos plásticos (S) depositados bajo el nivel del agua y sujetos a una carga considerable, son apretados en dirección del valle, donde forman pliegues.

otras rocas sedimentarias suficientemente pesadas, la sal tiende a salir a la superficie y al hacerlo forma columnas que penetran en las rocas suprayacentes (fig. 2c) (Barton, 1925; Nettleton, 1934, 1943, Parker y McDowell, 1955; Trusheim, 1957). Sin embargo, la distribución descrita de rocas pesadas y ligeras (la pesada sobre la ligera) no es condición necesaria para la formación de pliegues de inyección. El movimiento horizontal de rocas plásticas con acumulación en ciertos sitios se puede observar también cuando su peso específico es igual al de las rocas suprayacentes. Este movimiento de rocas plásticas suele provocarse por una desigual presión superficial ejercida sobre ellas, producida, por ejemplo, por un relieve superficial irregular. Las rocas plásticas bajo los puntos altos están sujetas a presiones más grandes que las rocas plásticas situadas bajo los puntos inferiores del relieve. Todo esto produce condiciones suficientes para el movimiento del material plástico, desde la parte debajo de las alturas hacia los valles, donde puede acumularse en forma de pliegues de inyección (fig. 4).

Las desigualdades de presión pueden también estar relacionadas con la presencia de fracturas en las rocas que cubren las series plásticas. Una frac-

tura, especialmente las grandes y complejas, se componen de una serie completa de fracturas paralelas separadas. Estas fracturas son la causa de la reducción de presión en profundidad, ya que cualquier fractura es en cierto grado una apertura en las rocas superiores. Si la fractura llega a la superficie de los estratos plásticos, el material de estos estratos sale a la superficie; penetra en la fractura y va hacia arriba, elevando y empujando hacia un lado los estratos vecinos (fig. 3). Es necesario, sin embargo, que el peso de los estratos de superficie sea lo bastante grande para conseguir que las series plásticas se muevan.

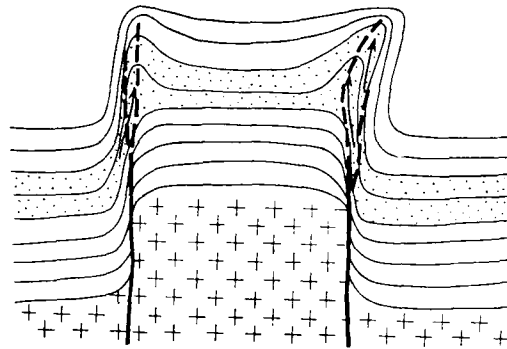


Fig. 5.—Esquema de formación de pliegues de inyección en los bordes de un pliegue en forma de caja. Los estratos más plásticos están dibujados como puntos; las cruces indican un basamento cristalino; las líneas más marcadas y de puntos representan fracturas; las flechas, la dirección de la corriente de material plástico.

La acumulación en la zona de fractura se facilita por la disminución del peso específico de las rocas fracturadas, a expensas del agua, a veces mezclada con agua natural, que circula por la fractura a través de las masas plásticas astilladas.

También se facilita la acumulación por la presión propia de la capa aumentada por la del agua y gas, observada en algunas formaciones petrolíferas y gasíferas.

Probablemente, estas últimas condiciones de formación de pliegues de inyección son muy frecuentes en la naturaleza en relación con fracturas en las capas de superficie.

La relación entre pliegues de inyección y fracturas da lugar a ciertas singularidades interesantes referentes a la ubicación de pliegues. Por ejemplo, se forman encima de los bordes de los pliegues en caja por elevación en los flancos del material, con arrastre de parte de sus estratos plásticos (fig. 5).

Los pliegues en caja, como ya hemos dicho anteriormente, se originan debido a los bloques. En profundidad, el flanco escarpado del pliegue corresponde a una fractura.

Las ramificaciones de la fractura se prolongan también hasta el punto en el cual las rocas más blandas tienen la forma de un pliegue en caja. El flanco más pendiente de tal pliegue está siempre atravesado por una red de pequeñas fracturas que crean una zona de presión más débil, donde las rocas plásticas penetran desde abajo.

Ha quedado establecido que las grandes subsidencias y levantamientos de la corteza terrestre, que se formaron como resultado de un movimiento oscilatorio, no se componen generalmente de curvas simples suaves, sino que por su estructura en bloques forman escalones. Todo escalón está separado del siguiente por una fractura o por una flexura aguda de los estratos. Dichas fracturas o flexuras entre escalones son lugares favorables para la formación de pliegues de inyección por encima de ellos, producidos

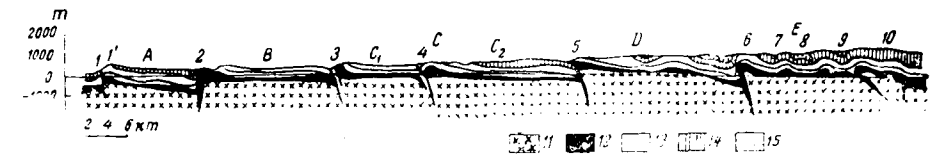


Fig. 6.—Pliegues de inyección observados en fracturas en las montañas del Jura, Francia: 11, El antiguo basamento plegado. 12, Arcillas plásticas, margas y yesos del Triásico. 13-14, Calizas y margas del Jurásico. 15, Caliza, mármoles y arcillas del Cretáceo y Paleógeno. Los números denotan pliegues diferentes; las letras indican bloques individuales de la corteza terrestre divididos por fracturas. Según Glangeaud (1949-1950).

por el estrujamiento del material plástico desde el flanco en profundidad de la flexura, hacia arriba (fig. 6).

Los pliegues de inyección están ampliamente representados en muchas partes. Se ven cúpulas diapíricas en las plataformas y especialmente en las prefosas de los geosinclinales. Alargados en forma de lomos los pliegues de inyección, con núcleos compuestos principalmente de arcillas muy plásticas, se desarrollan en la mayoría de las prefosas y depresiones intermontañas de los geosinclinales. Se ven en la prefosa de Terek, de los Cáucos, en las estribaciones de los Alpes Occidentales y en muchos otros lugares; también se encuentran en las partes centrales elevadas de los geosinclinales estructuralmente complejos, donde prolongan las estructuras de los diferentes escalones de las dovelas levantadas.

Por su modo de formación, los pliegues de tipo *metamórfico o profundo* son muy similares a los pliegues de inyección.

Se sabía desde hace mucho (Wegmann, 1930) (Eskola, 1949; Franck, 1957) que lo característico de las estructuras de zonas de la corteza terres-

tre relativamente profundas, cuya sección transversal se puede ver en la superficie de algunos escudos cristalinos muy erosionados, tal como el escudo Báltico (Kraelia, Península de Kola, Finlandia, Suecia), es la existencia de grandes domos y escudos graníticos que emergen a través de las diversas rocas metamórficas del entorno (fig. 7).

Con relación a su aspecto y modo de formación, estas cúpulas son análogas a las cúpulas diapíricas salinas, aunque mucho más grandes. Todos los geólogos están de acuerdo en que el granito «fresco» se origina o bien por refundición del granito de formación antigua o por «granitización», es decir, por la producción de granito, partiendo de varias rocas sedimentarias y metamórficas en un proceso de fusión parcial y recristaliza-

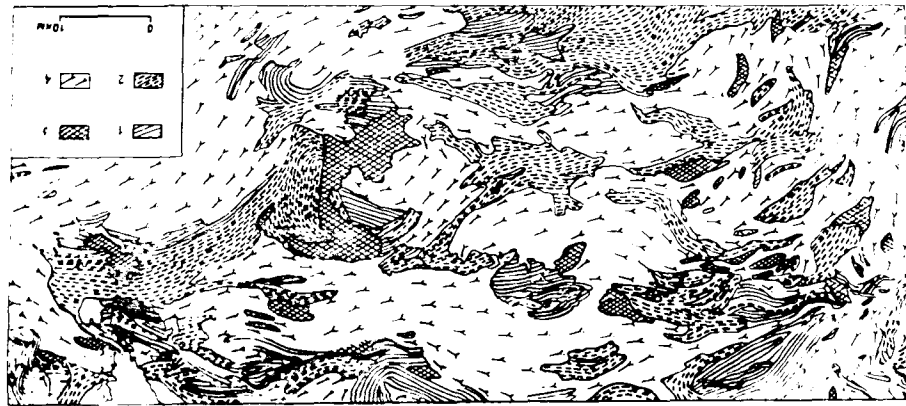


Fig. 7.—Cúpulas granito-gneissicas en pizarras metamórficas del Arcaico de Finlandia. 1, Varias pizarras metamórficas de origen sedimentario. 2, Rocas volcánicas convertidas en pizarras. 3, Intrusión de gabro y dioritas. 4, Granito-gneiss (región Turku). Según Simonen (1960).

ción. Este proceso está siempre relacionado con la impregnación de granitos viejos y otras rocas con sustancias volátiles y con la formación de grandes cantidades de soluciones calientes, vapores y gases. La saturación de rocas con componentes volátiles reduce la densidad de estas rocas (Eskola, 1950, Bedake, 1953). Por eso el granito «fresco» que todavía no está endurecido y sigue saturado con sustancias volátiles, tiene un peso específico más bajo que las rocas de «cobertera» metamórficas «secas» y las sedimentarias. Esta circunstancia particular hace que el granito «fresco» pueda emerger y formar cúpulas y columnas.

Al penetrar en las formaciones de cobertera, las columnas graníticas levantan las rocas metamórficas superiores y las abomban, haciendo que formen cúpulas con los flancos empinados y a veces hasta verticales.

Al aumentar su diámetro, las columnas graníticas presionan a las pizarras que llenan el espacio que hay entre las columnas, pizarras cuya estra-

tificación es vertical o muy inclinada, y los estrujan. Esta compresión de pizarras entre las columnas graníticas tiene una distribución irregular; es más fuerte cuando la distancia entre las columnas graníticas vecinas es menor, mientras que en la dirección donde las distancias entre columnas es mayor, hay zonas menos comprimidas. Como resultado de este proceso, los conjuntos de estratos que están sujetos a compresión más fuerte, son estrujados y alargados, y su material se mueve hacia lugares más «espaciosos» entre las cúpulas. Aquí el material se acumula y se dobla en repliegues pequeños, intrincados e irregulares. Es interesante notar que dicho estrujamiento de material aparece con frecuencia en dirección horizontal. Por esta razón, los pliegues que se han formado tienen ejes verticales y se ven bien en secciones transversales horizontales. De forma parecida, durante la formación de pliegues de inyección a niveles más altos de la corteza terres-

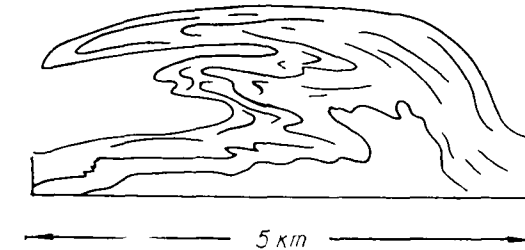


Fig. 8

tre, el material estrujado sube y se arruga en pliegues con ejes horizontales que se ven en secciones transversales verticales. Con toda seguridad esta particularidad en el movimiento del material depositado en profundidad está relacionada con una resistencia grande, existente en las zonas profundas de la corteza, donde, debido al peso de las potentes capas superiores, no es posible el movimiento del material hacia arriba.

Los estudios realizados por Haller (1955) sobre las capas antiguas de Groenlandia, indican que las cúpulas granito-gneissicas (que se manifiestan en escudos alargados donde los estratos de cobertera tienen fracturas profundas que facilitan y guían el ascenso de los materiales graníticos), son de forma muy complicada. Sobresalen «ventanas» de los lados de estas cúpulas; algunas veces parecen setas (fig. 8). Desde luego, estas cúpulas se forman cuando el granito al ascender rompe la fuerte resistencia de las rocas superiores y a ciertos niveles de las cúpulas, que no tienen la suficiente consistencia para levantar o taladrar los estratos de cobertera, se desborda, penetrando horizontalmente en las rocas vecinas.

Debemos añadir que durante la granitización, las pizarras metamórficas están saturadas por sustancias volátiles y su densidad disminuye. Esto expli-

ca por qué las pizarras se comportan a veces como los granitos a efectos de fluidez, en cuanto a atravesar los estratos superiores menos metamórficos de las zonas más altas de la corteza terrestre. Estas pizarras, aprovechan las fracturas profundas de las zonas superiores, las rellenan y levantan las rocas más altas, empujándolas hacia los lados. Mientras tanto en las zonas de inyección ellas mismas se arrugan en pequeños pliegues muy apretados, parecidos a los pliegues formados por los estratos salinos del núcleo de la cúpula diapírica.

Todas estas deformaciones que aparecen en granitos «frescos» y en pizarras metamorizadas por la influencia de soluciones y vapores calientes, se

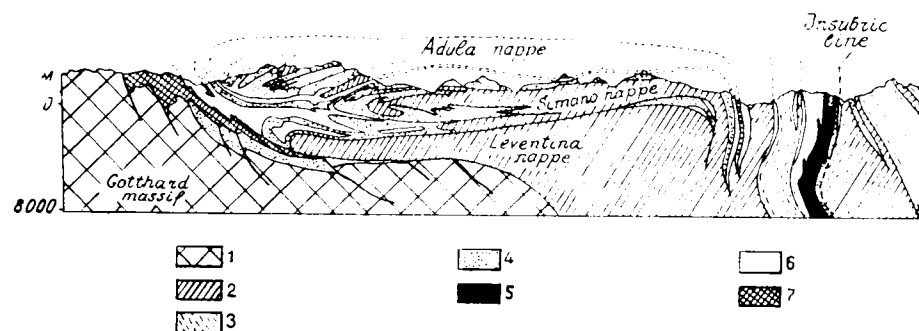


Fig. 9.—Mantos Peninos en los Alpes. 1, Granitos antiguos del macizo Gottardo. 2, Granitogneiss de los mantos Peninos, con «refresco». 3, Migmatitas, rocas originadas por la penetración dispersa de granitos en rocas sedimentarias. 4, Rocas paleozoicas y mesozoicas regionalmente metamorizadas. 5, Intrusiones magmáticas posteriores. 6, Sedimentos mesozoicos en los mantos Peninos. 7, Sedimentos mesozoicos en el macizo Gottardo. Según de Sitter (1956).

llaman *plegamiento profundo*. Es evidente que este plegamiento es muy parecido al plegamiento de inyección, aunque lo peculiar de las condiciones físico-químicas de las regiones profundas de la corteza nos obliga a reconocerlos como un tipo diferente.

El plegamiento profundo se observa no sólo en antiguos escudos cristalinos, sino también en secciones transversales profundas de zonas plegadas jóvenes. Por ejemplo, los mantos llamados Peninos, de los Alpes, deberán considerarse como pertenecientes a este tipo de plegamiento. Estos mantos están constituidos por pliegues sub-verticales, pero que se tienden en niveles más altos. Sus núcleos se componen de granitos y gneis, y los flancos de pizarras mesozoicas, fuertemente metamorizadas. Se ha demostrado que los granitos y gneises, que son principalmente antiguos (probablemente Paleozoicos) sufrieron un proceso «refrescante» en el Paleógeno como resultado de un empapamiento interno de soluciones y vapores calientes procedentes de estratos profundos (Wenk, 1953). Este proceso de «refresco», con la consiguiente disminución del peso específico de las rocas, explica el le-

vantamiento de los pliegues. Las partes de estos pliegues curvadas horizontalmente forman lo que nosotros llamamos mantos Peninos (fig. 9).

El último tipo de plegamiento puede llamarse *pliegues de arrugamiento general*. Este es un plegamiento completo o lineal que normalmente se considera como representación del tipo principal del plegamiento dentro de los geosinclinales. Es verdad que este plegamiento se observa en geosinclinales, aunque es errónea la idea de que los pliegues de arrugamiento general predominan en geosinclinales. En realidad, la mayoría de las áreas de los geosinclinales están cubiertas por pliegues de bloques, inyección y profundos. Normalmente, los pliegues de arrugamiento general forman bandas estrechas en las partes de los geosinclinales donde se observan los contrastes más grandes entre movimientos oscilatorios, donde los puntos de máxima altura y máximo hundimiento están en proximidad.

Por ejemplo, en toda la región del Cáucaso, los pliegues de arrugamiento forman sólo una zona estrecha, principalmente a lo largo de la vertiente sur de la cordillera principal del Cáucaso. Esta zona discurre por el eje de esta cordillera y se adentra un poco en la vertiente norte del alto Daghestan, donde hay a la vez plegamiento profundo. En las partes restantes del Cáucaso sólo se han desarrollado pliegues de bloque y de inyección.

Los pliegues de arrugamiento general sin duda se originan por compresión horizontal de una cierta parte de la corteza terrestre o de una serie de estratos. Estos pliegues son pliegues de curvatura longitudinal, ya que las fuerzas activas de presión están dirigidas en el plano de la capa. Sin embargo, las fuerzas de compresión horizontal sin ningún género de dudas son de un carácter estrictamente local y no tienen nada en común con una supuesta contracción general de la corteza terrestre o de sus mayores áreas. El hecho de que estos pliegues se encuentren en áreas limitadas dentro de los geosinclinales y estén rodeadas de regiones donde se desarrollan pliegues de bloque y de inyección, manifiesta claramente el carácter local de la composición horizontal. Esta conclusión se confirma con estudios detallados sobre la estructura de las zonas plegadas.

Las observaciones efectuadas revelan cierto número de causas particulares que son capaces de producir una compresión local horizontal que forme pliegues de arrugamiento general. Todas estas causas están relacionadas entre sí en función de ciertas peculiaridades características del desarrollo de los geosinclinales.

Analizados sistemáticamente, ¿cuáles son los mecanismos observados sobre el origen de la compresión horizontal de las potentes series de estratos de geosinclinales?

El mecanismo más simple es el movimiento o deslizamiento gravitacional de series de rocas hacia abajo en los flancos de los abombamientos que se desarrollan en geosinclinales. Las rocas pueden ser muy plásticas, tales



como arcillas o margas: al deslizarse hacia abajo, las rocas forman como gigantescos corrimientos de tierras. Además las arcillas arrastran otras rocas que alternan con ellas. Cuando encuentran algún impedimento los es-

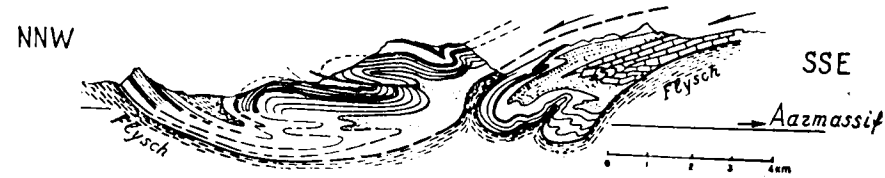


Fig. 10.—Esquema de estructura de los mantos gravitacionales helvecioses en los Alpes Occidentales. Los mantos se componen de rocas mesozoicas y paleógenas. El deslizamiento tuvo lugar sobre rocas plásticas del flysch paleógeno. Según de Sitter (1956).

tratos arcillosos se apilan al final de la vertiente y se arrugan en pliegues.

Los llamados mantos Helvecioses en la vertiente norte de los Alpes occidentales (fig. 10), son de este origen (Schneegam, 1938). El desplazamiento

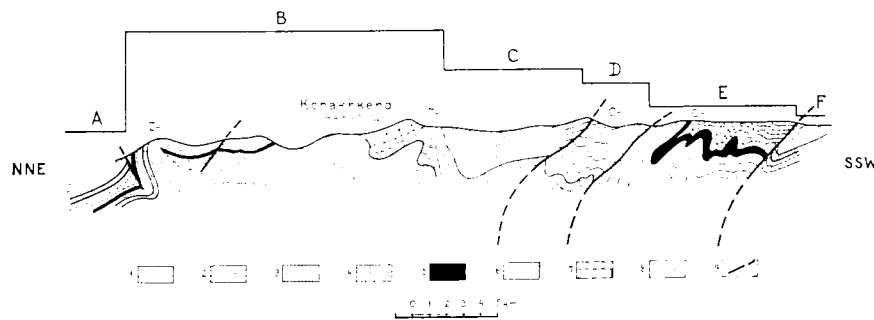


Fig. 11.—Perfil esquemático a través del Cáucaso sur en la región del pueblo de Konakblend (el Azerbaijón, URSS). 1, Mioceno. 2, Oligoceno. 3, Eoceno y Paleoceno. 4, Estratos superiores del Cretáceo superior. 5, Estratos Coniacense y Turonenses del Cretáceo superior. 6, Cretáceo inferior. 7, Jurásico superior. 8, Jurásico medio e inferior. 9, Fallas tectónicas. La línea quebrada encima del perfil señala el lugar de los bloques de la corteza terrestre; A-F indican diferentes bloques; *ln* señala plegamiento de inyección en los bordes entre bloques A y B, B y C; *Cr* son los pliegues de arrugamiento general que se formaron en la superficie del bloque descendido bajo presión de la parte superior del bloque elevado. Según A. M. Shourigin.

to horizontal de tales mantos puede ser muy grande, como unos 40 kilómetros. Estos desplazamientos tan largos no pueden acabarse con un solo movimiento. Evidentemente, los mantos se mueven gradualmente, a la vez que el levantamiento general aumenta y se ensancha dentro de los geosinclinales.

Otro mecanismo origen de compresión horizontal local está relacionado con la estructura en bloques de la corteza terrestre. Ya se ha dicho que los

flancos de las áreas levantadas de los geosinclinales tienen generalmente una estructura de fallas escalonadas. En estos flancos cada tramo está formado por un bloque diferente, de altura intermedia entre los bloques vecinos. Entre la cima del área levantada y el área deprimida, se encuentran bloques elevados y hundidos como los dientes de una llave. Las observaciones hechas demuestran que los estratos en los bloques relativamente elevados, bajo la fuerza de la gravedad, tienen una tendencia a fluir plásticamente de la parte superior del bloque en dirección al bloque más bajo vecino. Cuando los bloques se colocan en escalones, su parte superior tiende a deslizarse hacia el lado de abajo de su vertiente común, empujándose unos a otros en cascada. Cuando se levanta un bloque aislado por encima de los otros dos bloques vecinos, las capas de este bloque tienden a fluir sobre ambos lados, plegándose en forma de abanico (fig. 11).

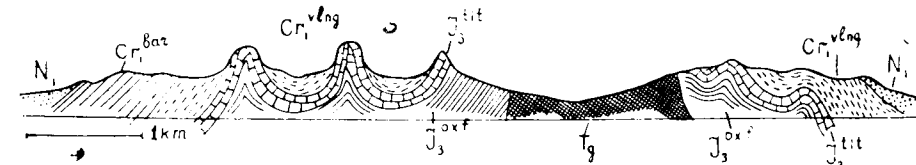


Fig. 12.—Los pliegues de inyección de Gigondas de Provenza, Francia. Por la influencia del núcleo de inyección que aparta hacia un lado los estratos (*tg*), las rocas vecinas cretáceas y jurásica se arrugan formando pliegues. Según Goguel (1953).

Relacionadas con esta fluencia sobre los bloques, están las partes superiores de las fallas verticales, que separan estos bloques y que se curvan e inclinan bajo el bloque. Algunas veces hasta se hacen horizontales. Muchas fallas que se han interpretado como cabalgamientos, en realidad son las partes superiores curvadas de fallas verticales.

La parte plástica superior del bloque elevado presiona horizontalmente sobre los estratos que yacen en la superficie del bloque inferior vecino y los arruga en forma de pliegues. Los resultados de esta presión pueden ser diferentes y dependen de la altura del salto entre bloques, del grado de fluidez de la parte superior del bloque elevado, de la anchura del bloque inferior y de las características de las rocas. La presión puede dar lugar a arrugamientos en pliegues de sólo una estrecha faja del borde inmediatamente vecino o puede arrugar toda la superficie del bloque inferior (fig. 11).

Otro mecanismo de formación de arrugamiento general se relaciona con los pliegues de inyección que empujan hacia un lado los estratos superiores. Cuando el núcleo de inyección penetra en capas superiores, empuja hacia un lado a los estratos vecinos, lo que puede dar como resultado la formación de pliegues de compresión longitudinal en ciertas áreas, es decir, pliegues locales de arrugamiento general (fig. 12).

La inyección profunda relacionada con el plegamiento metamórfico tiene característica similar. Cuando sale a la superficie la masa granitizada o metamorfizada y penetra en las capas superiores, las aparta y las arruga en ciertas áreas formando pliegues de arrugamiento general. Algunas veces este efecto no es grande pero puede ser aparatoso. Por ejemplo, es probable que muchos de los pliegues de los Apalaches se hayan desarrollado por la presión horizontal de las enormes cúpulas graníticas y de una masa igualmente grande de las pizarras metamórficas que se levantan con la cúpula que constituyen la plataforma, Piedmont (fig. 13).

La combinación de los mecanismos descritos, que es diferente en cada caso particular, da lugar a una cierta distribución de los pliegues de arrugamiento general dentro de los geosinclinales. La fluencia y deslizamiento

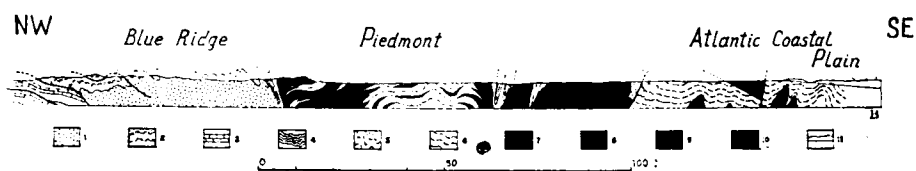


Fig. 13.—Arrugamiento en pliegues de las rocas Paleógenas de los Apalaches bajo la influencia de los granito-gneisses profundos y de las cúpulas metamórficas que empujan los paquetes cercanos. 1 Rocas cristalinas precambrianas. 2. Rocas sedimentarias del Precambriano primario 3, Rocas sedimentarias paleozoicas. 4, Pizarras metamórficas. 5, Granito-gneiss. 6, Sedimentos mesozoicos y terciarios de la costa Atlántica. Las rocas 4 y 5, al subir, empujaron lentamente las rocas precambrianas y paleozoicas, las arrugaron en pliegues y dieron lugar a deslizamientos. 7, Rocas ácidas apizarradas. 8, Masa de rocas ácidas débilmente apizarradas. 9, Diorita y gabro; rocas sedimentarias más jóvenes. 10. Triásico. 11, Cretáceo y Terciario. Perfil según King (1959).

gravitacionales, el movimiento de la cobertera de los bloques levantados, el empuje lateral efectuado por pliegues de inyección y profundos, todos estos mecanismos tienen mucho en común y están relacionados con las condiciones específicas del geosinclinal, ya que son el resultado de intensos movimientos verticales de material y de los contrastes entre movimientos verticales, buzamientos grandes en las rocas sedimentarias y el relieve. Esta es la razón por la cual los pliegues de arrugamiento general se desarrollan en geosinclinales.

CONCLUSIÓN

Viendo todos los diferentes tipos de plegamiento, reconocemos en ellos una reacción general de las partes estratificadas de la corteza terrestre ante desplazamientos verticales del material de la corteza. En diferentes situaciones esta reacción tiene distintos grados de complejidad. La más sim-

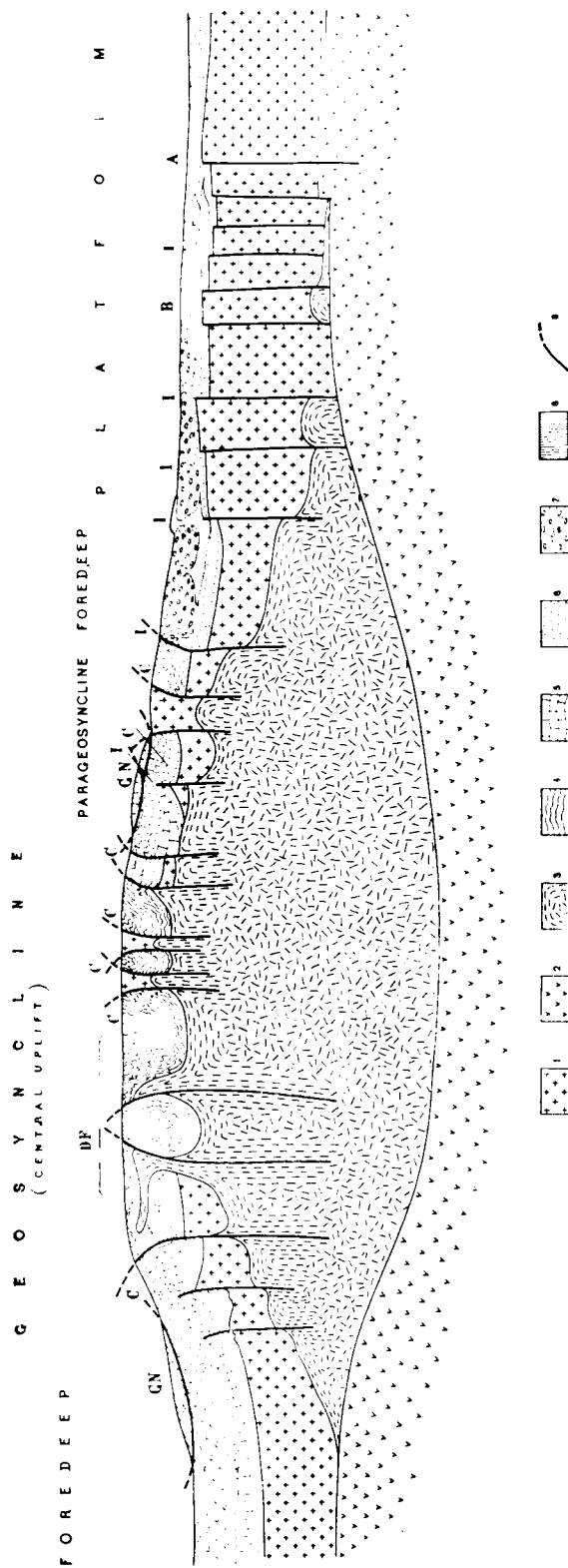


Fig. 14.—Esquema general de los diferentes tipos de plegamiento. 1, Capas de granito de la corteza terrestre. 2, Basamento cristalino antiguo. 3, Granito-gneisses recientes y migmatitas. 4, Sedimentos terrígenos de la formación basal. 5, Sedimentos de la formación calcárea. 6, Sedimentos terrígenos de la formación superior. 7, Sedimentos de la formación lacustre y molasas. 8, Sal y yeso. 9, Fallas tectónicas DF, plegamiento profundo C, plegamiento de arrugamiento general GN, manto tectónico gravitacional. 1, Pliegues de inyección. B, Pliegue de bloques. A, Escudo origen de bloques.

ple ocurre en plegamiento de bloques, cuando los estratos se levantan sólo después del movimiento del bloque. Es más complicado en un plegamiento de inyección. Fundado en los movimientos verticales de los bloques, comienza un movimiento horizontal de las series más plásticas de los estratos y luego prosigue una inyección vertical a través de las grietas y fallas formadas en relación con los movimientos de los bloques. Finalmente, la formación de los pliegues de arrugamiento general refleja una reacción todavía más complicada, incluyendo un desplazamiento gravitacional a lo largo de una pendiente, movimiento de los bloques levantados y la fuerza de empuje lateral de pliegues de inyección y profundos. Al mismo tiempo, los mismos pliegues profundos, aunque tienen en común bastantes puntos con los pliegues de inyección, conservan sus características específicas.

De acuerdo con esto, los pliegues de bloque en su forma «pura» están más claramente desarrollados en las regiones con movimientos oscilatorios de la corteza terrestre, suaves y de menor contraste. Estas regiones se observan en la mayoría de las partes tranquilas de las plataformas. Los pliegues de inyección se originan en condiciones tectónicas algo activas, dentro de surcos profundos en la plataforma o en ciertas partes de los geosinclinales cuyo desarrollo no es muy complejo. Los pliegues de arrugamiento general reflejan un estado de movimientos oscilatorios más intenso y de mayor contraste.

Todas las características específicas del plegamiento se manifiestan cuando se trata de establecer el carácter de la distribución de los pliegues en una sección transversal vertical de la corteza terrestre, cuando vemos cómo cambia con la profundidad la forma del plegamiento, de un ciclo dentro de la corteza terrestre a otro. Los datos recogidos nos permiten considerar como más probable la siguiente descripción (fig. 14).

Al nivel del ciclo geológico más antiguo está la zona de granitización y metamorfismo regional, con su plegamiento profundo, cuyas formas principales son columnas graníticas. Esta zona se encuentra a profundidades variables, probablemente alrededor de los 6-5 kilómetros. Por encima del ciclo de historia geológica más antiguo está el ciclo cuya historia se caracteriza por su estructura en bloques. En este nivel, los bloques son obligados a subir o bajar hasta cierta altura debido principalmente a columnas graníticas y a escudos de la zona de historia geológica más profunda subyacente. Finalmente, el movimiento vertical de los bloques en la zona del ciclo medio producido por los mecanismos previamente descritos da lugar a la formación de plegamientos de bloque, inyección y de arrugamiento, o general en las capas superiores.

Es evidente que estas nuevas ideas vayan complicando más los conceptos sobre la formación de plegamientos que la antigua teoría que relacionaba el plegamiento con la contracción general de la corteza terrestre. Pero

al mismo tiempo estos nuevos conceptos son considerablemente más concretos. Contribuyen a la clasificación de los pliegues según su origen y al estudio de las condiciones de formación de pliegues naturales individuales. Consciente o implícitamente, los geólogos aplicaron hasta hace poco la hipótesis de la contracción en sus teorías, pero nunca se detuvieron a pensar en el origen de un pliegue particular que estuvieran estudiando. Y hubiera parecido extraño estudiar el origen de sólo ciertos pliegues cuando estaba por aclarar el problema de plegamiento de todo el globo. Las posibilidades y responsabilidades son actualmente diferentes. Ahora podemos y debemos estudiar las condiciones de formación de cada pliegue particular igualmente a como se estudia la formación de otros objetos: rocas, minerales, restos orgánicos fósiles, etc. Incluso las condiciones de formación de pliegues recientes podrían ser diferentes. Ello abre un nuevo panorama tanto en el estudio del plegamiento de capas de la corteza como en los métodos de su investigación.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BARTON, D. C.: *The American salt dome problems in the light of the Roumanian and German salt domes*. «Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists», 9 (9), 1925.
- BEDERQUE, E.: *Regionalmetamorphose und Granitaufstieg*. «Geol. Rundschau», 41, 1953.
- BELOUSSOV, V.: *On types of folding*. «Soviet Geol., Collection of papers», 8 (in Russian), 1945.
- — *Grundfragen der allgemeinen Geotektonik*. «Geol. Rundschau», 45, H. 2, 1956.
- — *Some rules governing the development of the earth's crust*. «Endeavour», 17 (68), 1958.
- — *Fundamental features of the structure and development of geosynclines, UGGI, Assoc. seism. et de phys. de l'int. de la terre*. «Public. Bureau centr. seism. inte.» Serie A. Travaux scient., fasc. 20, Toulouse, 1959 a.
- — *Types of folding and their origin*. «Intern. Geol. Rev.», 1 (2), 1959 b.
- BEMMELEN, R. W. v.: *Mountain Building*. The Hague, 1954.
- BENTZ, A. «Erdöl und Tektonik», 1949.
- DE SITTER, L. U. «Structural Geology», McGraw-Hill Book Co., New York, London, Toronto, 1956.
- ESKOLA, P. E.: *The problem of mantled gneiss domes*. «Quart. J. Geol. Soc. London», 104, part 4, 1949.
- — *The nature of metasomatism in the processes of granitization*. «Intern. Geol. Congr.», 18th session», part III, London, 1950.
- GLANGEAUD, L.: *Le rôle du socle dans la tectonique du Jura*. «Ann. soc. géol. Belg.», 73, 1949-1950.
- — and D. SCHNEGANS: *Caractères généraux du style jurassien (et des types comtois et haut-jurassien)*. «Ann. soc. géol. Belg.», 73, 1949-1950.
- COGUEL, J.: *Les Alpes de Provence*. Paris, 1953.
- HAARMANN, E.: *Die Oszillationstheorie*. Stuttgart, 1930.
- HALLER, J.: *Der zentrale metamorphe Komplex von NE Groenland, T. 1*. «Medd. Groenland», 73 (3), 1955.

- KING, P. B. «The Evolution of North America», Princeton University Press, 1959.
- FRANCK, E. H.: *On folding-movements in the zone of the basement*. «Geol. Rundschau», 64, II. 2, 1957.
- KRAUS, E. «Die Entwicklungsgeschichte der Kontinente und Ozeane», Berlin, 1959.
- LOMONOSOV, M. V. «On Strata of the Earth», Petersburg, 1763.
- NETTLETON, L. L.: *Flui Mechanics of salt domes*. «Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists», 18 (9), 1934.
- *Recent experimental and geophysical evidence of mechanics of salt dome formation*. «Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists», 27 (1), 1943.
- PARKER, J. J. and A. N. McDWELL: *Model studies of salt dome tectonics*. «Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists», 39 (12), 1955.
- SCHNEEGANS, D.: *La géologie des nappes de l'Ubaye-Embrunais entre la Durance et l'Ubaye*. «Mém. carte géol. France», 1938.
- SEIDL, E.: *Beiträge zur Morphologie und Genesis der permischer Salzlagerstätten Mitteleuropas*. «Z. deutsch. geol. Ges.», 1913.
- SIMONEN, A.: *Plutonic rocks of the Svecofennides in Finland*. «Bull. comm. géol. Finlande», no. 189, 1960.
- STENO, N.: *De solido intra solidum naturaliter contento*. Florence, 1669.
- TRUSHEIM, F.: *Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands*. «Z. deutsch. geol. Ges.», 109, part 1, 1957.
- WEGENER, A.: *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, third edition, Braunschweig, 1922.
- WEGMANN, C. E.: *Über Diapirismus*. «Compt. rend. soc. géol. Finl.», 1930.
- WENCK, E.: *Prinzipielle zur geologisch-tektonische Gliederung des Penninikums im zentralen Tessin*. «Eclogae Geol. Helv.», 46 (1), 1953.

Recibido el 29-XI-1963.

B. ESCANDELL y G. COLOM

## NOTAS ESTRATIGRAFICAS Y PALEONTOLOGICAS SOBRE LOS DEPOSITOS FLANDRIENSES DEL PUERTO DE SAN ANTONIO ABAD (IBIZA)

### RESUMEN

Se describen en esta nota los depósitos flandrienses del puerto de San Antonio Abad. Se trata de sedimentos margoso-arcillosos con gruesas intercalaciones carbonosas de antiguas turberas. Los primeros, escasamente fosilíferos, representan sedimentos sa-lobres con *Streblus* (Foram.); en cambio, los segundos contienen una gran cantidad de restos de organismo: —Moluscos marinos y terrestres, Foraminíferos, Ostrácodos, oogonios de Caráceas— procedentes de biotopos muy diferentes.

Se trata de una zona de turberas flandrienses con sus propios moradores (ostrácodos, caráceas, moluscos de agua dulce) y en las cuales vinieron a parar posteriormente un gran conjunto de organismos marinos traídos por una invasión del mar procedentes de cercanas playas arenosas, con praderas de Posidonias (moluscos marinos, foraminíferos, ostrácodos).

Los autores tratan de reconstruir ese medio flandriense que evolucionó hacia su colmatación final con lechos de capas rojas. Los nuevos datos aportados permiten confirmar que tres especies de diminutos moluscos continentales se han extinguido posteriormente de las Pitiusas. En cuanto a otras especies se dan datos más precisos sobre su actual distribución y sus diversos yacimientos fósiles. El conjunto de los demás fósiles se describe también con detalle, teniendo en cuenta, principalmente, el origen de sus respectivos medios ecológicos.

### RÉSUMÉ

Description des dépôts flandriens des environs du village de S. Antonio Abad (Ibiza). C'est un ensemble de sédiments marneux-argilleux avec des intercalations charboneuses (tourbe), mises au jour pendant l'ouverture de quelques puits d'eau. Les premiers sont assez pauvres en fossiles: ce sont de dépôts saumâtres avec des *Streblus* (Foram.); par contre, les couches charboneuses qui les surmontent sont très riches en restes d'organismes variés (mollusques marins et d'eau douce, foraminifères, ostracodes, restes de Caracées) provenant des milieux (biotopes) très différents.

Ce sont d'anciennes tourbières flandriennes avec une partie, au moins, de ses habitants habituels —Ostracodes, Caracées, Mollusques d'eau douce et terrestres, ces derniers apportés par des cours torrentiels — mais dans lesquelles une transgression marine apporta encore une grande quantité d'organismes marins très caractéristiques des plages sableuses avec des prairies de *Posidonia*.

Les auteurs essaient de reconstruire ce milieu charbonneux complexe pendant son évolution et vers sa phase finale des couches rouges continentales.

On a pu constater que quatre espèces de petits mollusques d'eau douce se sont éteintes des Pityuses et que d'autres espèces se sont localisées après dans différentes îles.

Cerca del puerto de San Antonio, tal como quedan señalados en el mapa adjunto (fig. 1), uno de nosotros (B. E.) descubrió durante el verano de 1962 unos lechos margosos, grises y gris-oscuros, conteniendo también algunos de ellos intercalaciones de estratos de naturaleza carbonosa.

Los niveles grises resultan muy poco fosilíferos; no así los carbonosos, los cuales contienen una buena representación de moluscos marinos con predominancia de bivalvas de pequeño tamaño, juntamente con dos especies de ostras. Recogidas muestras de todos estos niveles y lavadas en el laboratorio, nos han proporcionado una notable representación de organismos de muy diferentes órdenes, además de los mencionados: moluscos terrestres y de agua dulce, ostrácodos, foraminíferos y oogonios de caráceas.

Una reunión tan heterogénea de especies oriundas de ambientes tan dispares nos dice seguidamente que su enorme acumulación fue debida por un lado a una aportación marina y otras veces por el arrastre de las aguas continentales hasta dejarlas abandonadas en una zona de antiguas turberas flandrienses que, en sus momentos de plenitud, tuvieron también sus propios y abundantes moradores. Todos son vivientes en la actualidad, aunque algunos de ellos hayan desaparecido posteriormente de la isla.

El estudio de sus diversos yacimientos y de la totalidad de sus fósiles nos ha permitido reconstruir actualmente una fase de los tiempos flandrienses en la mayor de las Pitiusas y averiguar con ello la sucesión de sus diversos biotopos, juntamente con las asociaciones animales que en los mismos se desarrollaron, así como el origen de las poblaciones de moluscos terrestres que fueron a parar hasta sus fondos. Todo esto cuando la ensenada de San Antonio Abad presentaba una extensión mayor a la de ahora, y en ella venían a verterse también caudales torrenciales superiores a los que actualmente posee. Y, aunque no tan seguro, pero sí probable, bajo las influencias de una fase climática más húmeda y fría que la de nuestros días.

El estudio de todas las asociaciones fósiles del Flandriense de San Antonio Abad sólo ha sido posible gracias al concurso que nos han prestado diversos especialistas españoles y extranjeros: N. Grekoff para los ostrácodos; los doctores E. Schlickum y S. Jaeckel en cuanto concierne con algunos grupos de moluscos terrestres y de agua dulce; el profesor J. Grambast en lo referente a las Caráceas, y nuestros compatriotas doctor A. Figueras, de Vigo, y señor J. Cuerda, de Palma, para moluscos marinos y terrestres. A todos ellos expresamos nuestro reconocimiento.

\* \* \*

Estos antiguos depósitos margoso-arcillosos se hallan situados en la porción Este de la ensenada de San Antonio, conociéndose bien hasta el presente varios de ellos, al ser puestos en descubierto por la abertura de algunos pozos. Uno próximo a la bahía, abierto en el jardín de la *Pensión March*; otro en el *Camping Llambías*, y el tercero situado en la zona del N.E. de la ensenada. Hasta donde nos ha sido dable averiguar, sobre todo en el yacimiento de la

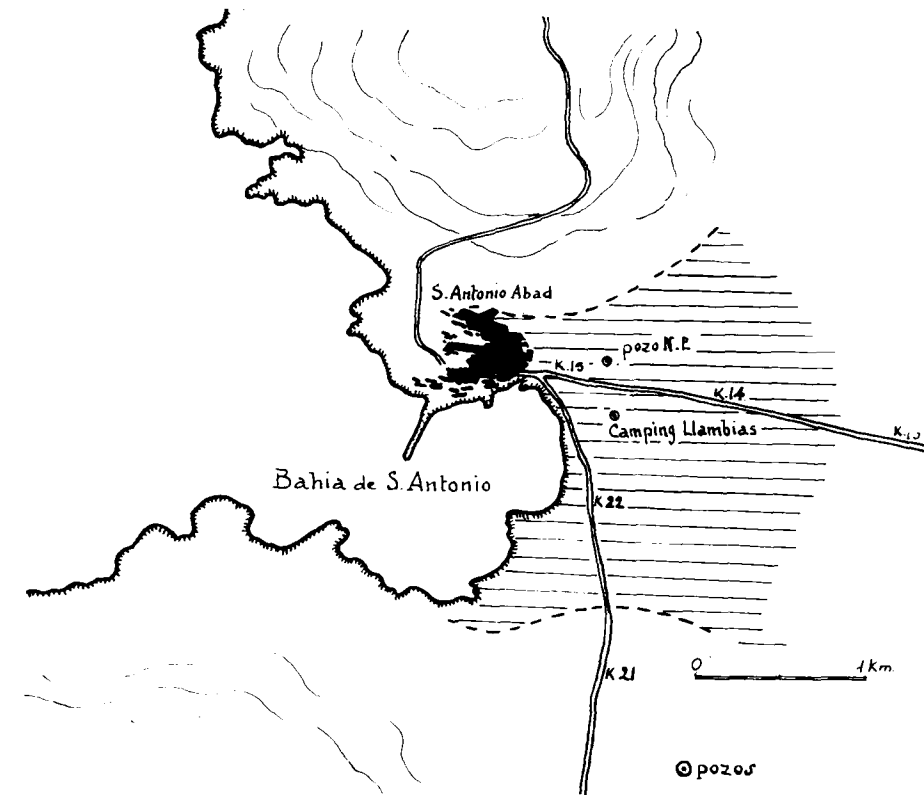


Fig. 1.—Bahía de San Antonio Abad (Ibiza). Rayado horizontal, probable extensión de los depósitos flandrienses y situación de los pozos estudiados.

mencionada *Pensión March*, el espesor de estos depósitos flandrienses es de unos cinco metros. Los cambios de facies parecen frecuentes, no tan sólo en el sentido vertical, sino también en el lateral.

Es posible que nuevas rebuscas, principalmente a base del estudio de los materiales que puedan proporcionar la abertura de nuevos pozos en aquellos contornos, indiquen una mayor extensión de estas formaciones flandrienses, ocultas ahora en gran parte bajo el manto de los aluviones recientes que en amplio abanico envuelven hacia el interior de las tierras a toda la antigua ensenada del puerto de San Antonio (fig. 1).

No conocemos bien todavía la estratigrafía de estos depósitos, debido a la

ausencia de buenos cortes sobre el terreno, los cuales nos permitirían comprobar los principales detalles de su sucesión en el tiempo. A causa de la variabilidad de sus facies, su disposición estratigráfica no es uniforme en toda su extensión, variando al parecer fácilmente según su emplazamiento. Ello es atribuible a la existencia de reducidas cuencas dentro de la gran zona lacustre, algo independientes unas de otras, según el lugar que ocuparan en ella, pues podrían haber correspondido unas veces a áreas de aguas tranquilas, a su borde lagunas, y en otros casos a desembocaduras de torrentes, etc., pero evolucionando más o menos al mismo tiempo hacia su colmatación final.

De momento este estudio se basa principalmente en los materiales recogidos en dos pozos. El emplazado en el borde N.E. del pueblo de San Antonio, y el otro, correspondiente al *Camping Llambias*. Su disposición estratigráfica nos parece la siguiente, de abajo arriba.

Pozo situado al N.E. del poblado de San Antonio Abad:

1) Empieza con conglomerados de base en pequeños elementos del tamaño de una nuez, siendo estériles desde el punto de vista fosilífero. Su espesor no llegará probablemente a un metro.

2) Vienen después los lechos margosos-arcillosos grises con gruesas intercalaciones de turba carbonosa. En ella pueden reconocerse todavía numerosos restos vegetales muy carbonizados. En este nivel los fósiles marinos son muy raros. Tan sólo algunos estratos carbonosos los contienen, tratándose entonces de pequeños ejemplares de gasterópodos acompañados de unos pocos foraminíferos como el *Streblus beccarii tepida* Cushman, el más frecuente de todos ellos, de diminuto tamaño, conchas hialinas y de colores parduzcos o rojizos, *Cibicides lobatulus* (Walk. Jac.) y *Elphidium crispum* (L.), muy raros estos dos últimos. Con ellos se encuentran dos especies de oogonios del género *Chara*.

Estos lechos alternan con otros de igual naturaleza, pero en los que abundan más los ostrácodos y varios diminutos moluscos de agua dulce. Representan una acentuación del biotopo de agua dulce y una menor influencia de las aguas salobres o de las aportaciones marinas.

Entre los primeros encontramos una especie de gran tamaño, el *Erpetocypris reptans* (Baird) ( lám. III, figs. 16-17), forma de agua dulce pudiendo pasar a oligohialina (S-0,5-3 por 1.000); le acompaña, aunque mucho más rara, el *Cypris bispinosa* (Lucas) ( lám. III, figs. 18-20), forma de agua dulce o salobre, más bien halófila, según Bronstein, y típicamente mediterránea; *Cyprinotus salinus* (Brady) ( lám. III, figs. 2-23) es oligo-mesohalina (S-9,5-16,5 por 1.000). Pero la especie más abundante entre estos ostrácodos es el *Cyprideis torosa* (Jones), mostrando en estos depósitos fuertes rugosidades en sus válvulas. La abundancia de los oogonios de *Chara* sp. es todavía más acusada en estos estratos, siendo semejantes a los que también se encuentran en el yacimiento del *Camping Llambias*.

En tales fondos con ostrácodos convivieron con ellos pequeños moluscos de agua dulce, como el *Anisus spirorbis* (L.) ( lám. VI, fig. 1), *Gyraulus lacustris* (Alder) ( lám. VI, figs. 2-3), *Ancylus fluviatilis* (Müller) ( lám. VI, figs. 4-6). Este último presenta una concha bastante elevada, con su porción apical aguzada, lo que vendría a confirmar que se trataba de un biotopo de aguas muy tranquilas, más bien estancadas, puesto que cuando viven en zonas de corrientes, torrentes, etc., poseen, como es sabido, conchas más aplanadas. Pero la especie más común, y la que mejor caracteriza estos lechos por su presencia y abundancia, es la *Physa acuta* f. *martorelli* Servain ( lám. VI, figs. 7-8), representada por grandes y pequeños ejemplares. Esta asociación de diminutos moluscos no ha sido hallada entre los materiales procedentes del pozo del *Camping Llambias*. Sin embargo, *Vertigo antivertigo* Drap., de esta última localidad, encuéntrase entre ellos.

3) Finalmente estos depósitos carbonosos terminan con lechos terroso-arcillosos, rojizos, indicando el final de su colmatación. En ellos aparecen intensamente rodados las mismas especies citadas anteriormente. En total el espesor de todos estos estratos del pozo de la porción N.E. de San Antonio Abad vendrá a ser de unos cinco metros de potencia.

Pozo del *Camping Llambias*:

1) Lechos grises, margoso-arcillosos, con escasas microfaunas de tipo salobre. Contienen *Streblus beccarii ammonoides* d'Orb. ( lám. II, figs. 18-21) y *S. beccarii inflatus* (Seg.) ( lám. II, figs. 24-27), siendo en cambio formas raras e inconstantes *Trochammina inflata* (Mont.) ( lám. II, figs. 14-17) y *Elphidium crispum* (L.), estos últimos siempre a base de unos pocos ejemplares muy rodados. Únicamente los *Streblus* resultan algo abundantes, puesto que son formas costeras que se adaptan fácilmente a las aguas salobres de los estanques litorales, pantanos, etc.

2) Lechos margosos, sin restos de organismos. Los niveles del tipo 1 y 2 se disponen en estratos alternantes de diferente potencia, pero de análoga composición y microfauna.

3) Lechos margosos, oscuros, con ligeras impregnaciones carbonosas y presencia en ellos del *Streblus beccarii inflatus* en exclusividad. Esta clase de estratos pueden pasar lateralmente a otros ricos en pequeños moluscos marinos como la *Ovatella bidentata* (Mont.) ( lám. IV, figs. 9-12) y conteniendo también unos pocos representantes de foraminíferos, *Cibicides lobatulus* (Walk. Jac.) ( lám. II, figs. 8-9), revelando influencias marinas más acentuadas.

4) Lechos carbonosos de potencia variable y en los cuales pueden aislarse todavía restos de inflorescencias, tallos, ramas, etc., pero no de hojas, cuya maceración seguramente muy avanzada para ellas, acabó por destruirlas por completo. Estos lechos son los que contienen a su vez una gran cantidad de fósiles: ostrácodos, foraminíferos, oogonios de caráceas, moluscos marinos

y terrestres, etc. Resultan los lechos fosilíferos por excelencia de esta clase de depósitos.

5) En su porción superior y a igual que en el pozo anterior, aparecen estratos rojizos, margoso-arcillosos, continentales, anunciando al final de estos depósitos. No contienen ya restos de organismos.

En ambos casos los lechos fosilíferos corresponden siempre a los depósitos carbonosos. Pero los del pozo del *Camping Llambias* resultan mucho más ricos y variados en organismos que en el primer yacimiento ya descrito. Por tal motivo, el estudio de los diversos grupos contenidos en las margas carbonosas de esta última localidad nos ha dado la siguiente lista de especies. Las formas señaladas con un asterisco son las que están representadas por un gran número de ejemplares.

#### Moluscos marinos

<i>Murex trunculus</i> L. (M. R.).	<i>Cylichna</i> sp. (M. R.).
<i>Cerithium</i> sp. (M. R. las formas adultas).	* <i>Tapes</i> cf. <i>decussatus</i> L. (M. A.).
<i>Truncatella truncatula</i> Drap. (R.).	* <i>Lucina</i> sp. (M. A.).
<i>Truncatella truncatula laevigata</i> Risso (R.).	* <i>Tellina</i> sp. (M. A.).
* <i>Ovatella bidentata</i> (Montagu) (M. A.).	<i>Ostrea edulis</i> L. (F.).
	<i>Gryphaea angulata</i> Lmk. (F.).
	<i>Cardium</i> cf. <i>exiguum</i> (F.).

Juntamente con esta serie de especies se encuentra una inmensa cantidad de conchas pertenecientes a un diminuto *Cerithium* (?) comprendiendo todos sus fases juveniles de desarrollo desde los ejemplares de 1-2 mm. hasta los de 6-7 mm., posiblemente pertenecientes todos a la misma forma grande, citada más arriba, pero que no ha sido posible clasificar específicamente.

#### Ostrácodos

* <i>Aurila</i> sp. (M. A.).	* <i>Loxoconcha</i> cf. <i>punctatella</i> (Reuss) (M. A.).
* <i>Xestoleberis</i> cf. <i>aurantia</i> (Paire) (M. A.).	<i>Carenocythereis carinata</i> (Roemer) (R.).
<i>Cyprideis torosa</i> (Jones) (A.).	

Las Carofitas están representadas por los oogonios de dos especies pertenecientes al género *Chara*, típico. Pero el profesor Grambast no ha podido definir las específicamente debido a la caótica y difícil sistemática actual de este grupo. Ambas formas de oogonios son en extremo abundantes en los lechos carbonosos.

#### Foraminíferos

<i>Quinqueloculina vulgaris cornuta</i> Sidebottom (A.).	<i>Cibicides</i> cf. <i>variabilis</i> (d'Orbigny) (M. R.).
<i>Quinqueloculina variolata</i> d'Orbigny (R.). Concha con un retículo exterior, siempre rara.	<i>Trochammina inflata</i> (Montagu) (M. R.).
<i>Quinqueloculina bradyana</i> Cushman (F.).	* <i>Elphidium poeyanum</i> (d'Orbigny) (M. A.).
<i>Massilina secans</i> (d'Orbigny) (F.).	<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem) Cushman (M. R.).
* <i>Triloculina rotunda</i> d'Orbigny (M. A.).	<i>Elphidium crispum</i> L. (M. R.).
<i>Triloculina cuneata</i> Karrer (R.).	<i>Streblus beccari ammonoides</i> (d'Orbigny) (F.).
<i>Adelosina mediterraneensis</i> LeCalvez (F.).	<i>Streblus beccari inflatus</i> (Seguenza) (R.).
<i>Adelosina pulchella</i> d'Orbigny (R.).	<i>Peneroplis planatus</i> (Forsk.) (M. R.).
» <i>duthiersi</i> d'Orbigny (F.).	<i>Discorbis</i> cf. <i>orbicularis</i> (R.).
» <i>laevigata</i> d'Orbigny (F.).	
<i>Cibicides lobatula</i> (Walker y Jacob) (F.).	

#### Moluscos terrestres

<i>Xeroplexa ebusitana</i> Hidalgo (F.).	<i>Vertigo antivertigo</i> Draparnaud (F.).
» <i>caroli</i> Dohrn y Heyne-mann (F.).	<i>Carychium minimum</i> Muller (M. R.).
<i>Cochlicella ventricosa</i> Draparnaud (F.).	<i>Oxychilus</i> sp. (M. R.).
<i>Truncatellina cylindrica</i> Ferussac (R.).	

#### Moluscos de agua dulce

<i>Armiger cristatus</i> Lin. (F.).	<i>Vitrea pseudohydatica</i> Bourguignat (R.).
<i>Pseudoamnicola anatina</i> Draparnaud (F.).	<i>Hydrobia acuta</i> Draparnaud (R.).
<i>Pseudoamnicola balearica</i> Paladilhe (F.).	<i>Melanopsis</i> sp. (M. R.).

Vamos a analizar ahora cuidadosamente los datos ecológicos que las principales especies de esta lista nos proporcionan en la actualidad, con el de-



seo de seguir la formación de estos depósitos y de reconstruir, hasta donde sea factible, los diferentes ambientes que reinaron en estos lechos flandrienses.

*Tapes decussatus*, *Lucina* sp., *Tellina* sp., extremadamente abundantes, siguiéndoles en este sentido el *Cardium exiguum*. Las primeras viven actualmente en zonas costeras altas, pudiendo resistir por tal motivo variaciones considerables de temperatura, salinidad, etc. El *C. exiguum* es una forma mediterránea, frecuente en las praderas de algas litorales. Con ellas, y también representada por un gran número de ejemplares, tenemos a la pequeña *Orcuttella bidentata* ( lám. IV, figs. 9-12) extendida en nuestros días por el litoral mediterráneo y costas atlánticas hasta Dinamarca, siendo propia de aguas costeras, poco profundas.

*Gryphaea angulata* es de aguas salobres y de temperaturas más altas que su compañera, la *Ostrea edulis*. Según A. Figueras, los ejemplares de la primera muestran un crecimiento muy lento indicando que no se desarrollaron en su ambiente óptimo. La *O. edulis* es más esencialmente marina y presenta también en estos yacimientos de San Antonio un crecimiento más lento que la anterior.

Los gasterópodos que quedan sin nombrar son todos raros. Tan sólo *T. truncatula*, con su forma lisa, nos ha proporcionado una interesante serie de ejemplares. Su área de dispersión actual abarca la costa atlántica europea y la del mediterráneo occidental, habiendo sido citada viviente en las costas baleáricas junto con especies marinas. Su forma *laevigata* Risso es tan común como la típica. Viven en iguales biotopos marinos ( lám. IV, figs. 13-17).

Pero lo más interesante de este reducido conjunto de gasterópodos es la presencia de una ingente cantidad de formas juveniles de un *Cerithium* — como ha sido dicho ya— en todas sus fases de desarrollo. Por tales motivos las dos especies de ostras mencionadas no son abundantes ni características de estos niveles, aunque por su talla resulten los primeros fósiles que se recogen en ellos.

Es posible que las dos especies de ostras vivieran en estos fondos de barrros, pero una parte de las mismas, además de las otras bivalvas y gasterópodos mencionados, es más fácil que provengan en su gran mayoría de zonas marinas muy próximas a la región de las turberas, que quedarían situadas en un remanso abrigado con aguas tranquilas y poco profundas, de la misma cuenca de San Antonio, siendo más tarde acumuladas en los lechos turbosos por la acción de corrientes marinas o simplemente por la invasión de aquéllas por las aguas del mar. Estos datos están de acuerdo con los que suministran los foraminíferos, como se verá más adelante.

Las cinco especies de ostrácodos corresponden a formas fácilmente adaptables a ambientes marinos de baja salinidad y soportando también cambios más o menos agudos de la misma, así como de la temperatura. No obstante, algunos de ellos son marinos, como *Carenocythereis carinata* (Roemer) (Tor-

toniense mediterráneo y época actual). En cambio, los demás son frecuentes, principalmente en zonas de estuarios, grandes bahías poco profundas con importantes aportaciones de agua dulce, etc. Resumiendo podría decirse de este grupo que vivió en un ambiente salino, pero no el normal en relación con el del mar libre.

Los oogonios de las Carofitas son en extremo abundantes y pertenecen a dos formas bien definidas: una de mayor tamaño, algo redondeada, y la otra más pequeña y contornos elípticos vista de lado ( lám. I, figs. 11-25). Su gran acumulación en los lechos del tipo carbonoso nos confirma que debieron de ser abundantes en él, sin desechar la posibilidad de haber sido acumuladas también en determinados estratos en los momentos de las invasiones marinas.

Los foraminíferos han proporcionado 19 especies repartidas en seis familias. Pero su gran masa está formada por una enorme cantidad de caparazones de naturaleza caliza, «porcelanoide», de los Miliólidos (Quinqueloculinas, Triloculinas, Adelosinas, Massilinas, etc.), predominando ampliamente entre ellas la *Triloculina rotunda* d'Orbigny, seguida de una *Quinqueloculina* de caparazón ancho, aplanado, correspondiendo a la variedad *cornuta* Sidebotom, de la *Q. vulgaris*. Autores recientes, sin embargo, consideran a la mencionada variedad como diferente a la forma tipo de *G. vulgaris* d'Orb. (Mme. Le Calvez, «Ann. Inst. Océanogr.», t. 35, fasc. 3, p. 185, 1958).

Todas estas especies de Miliólidos ofrecen ejemplares con un desarrollo óptimo, acaso tal vez perturbado en sus últimas fases adultas, presentando entonces cámaras de crecimiento irregular (*Massilina secans* ( lám. II, fig. 10), *Triloculina rotunda* en sus estados finales, etc.). Otros representantes de concha «porcelanoide» son raros, pues sólo hemos podido separar unos pocos individuos del género *Pencrobellis*.

Otro reducido conjunto de especies de concha caliza hialina pertenecen a dos formas siempre muy abundantes en las zonas de playas arenosas, con extensas praderas de Posidonia, a escasa profundidad (máximo unos 30 metros); son *Cibicides lobatula* y *Cibicidella variabilis* ( lám. II). Una forma arenácea, la *Trochammima inflata*, representa otro elemento desplazado de su biotopo natural, más profundo que los anteriores y por tal motivo siempre es muy rara ( lám. II, figs. 14-17). Los *Streblus* escasean o sólo tienen algún significado ecológico en los lechos grises indicados anteriormente.

Por tales motivos resulta algo insólita la presencia dentro de este conjunto de concha «porcelanoide» de una abundante representación de un *Elphidium* perteneciente al grupo de d'Orbigny, *Elph. poeyanum* ( lám. I, figs. 1-7). El *Elph. excavatum* es muy raro ( lám. II, fig. 7). Tres especies caracterizan este gran conjunto de foraminíferos desplazados, procedentes de playas arenosas de escasa profundidad: *Triloculina rotunda*, *Quinqueloculina vulgaris cornuta* y el mencionado *Elphidium poeyanum*. Se trata, pues, de una característica asociación, más o menos dispersada y empobrecida posteriormente

por las corrientes marinas, oriunda de las praderas con Posidonias, como lo atestiguan los Miliólidos y los *Cibicides* mencionados. Todos ellos vinieron a parar en las zonas de turberas al ser invadidas éstas por el mar.

La presencia de una buena representación de moluscos terrestres, abundantes, pero generalmente muy deteriorados por su largo transporte y por tal motivo conservando tan sólo en la mayoría de los casos la primera porción de sus conchas, muestra que la mayor parte de ellos llegaron a estas lagunas arrastrados por las aguas torrenciales, vientos, etc., pues entre las formas recogidas encontramos ahora especies propias de muy diferentes biotopos.

Procedentes de zonas xerofíticas debieron de venir especies tan típicas de ese medio como las dos *Xeroplexas*, *X. ebusitana* y *X. caroli* (lám. V), endemismos ahora bien conocidos de las Pitiusas, así como también la *Cochlicella centricosa*, propia de lugares más bien secos, entre plantas y arbustos. Es conocida como especie viviente en las tres islas, pero es la primera vez que se menciona como fósil, a igual que las *Xeroplexas*.

Las que mencionamos a continuación provienen de ambientes más húmedos o casi acuáticos, como *Vertigo anticvertigo* Drap., especie de prados húmedos viviendo sobre juncos y hierbas en las orillas de los estanques. Está citada por el Dr. Haas en Cataluña, en las cuencas litorales del Segre y del Ebro. Aguilar-Amat la señala en una amplia área: Barcelona, Tarragona, Pirineos orientales, Holanda, Alemania, etc. De igual significado ecológico es el *Carychium minimum* Muill., común en toda Europa en sitios húmedos, bajo las piedras y leños en putrefacción. Ambas formas, que sepamos, no han sido citadas nunca en Mallorca ni en las demás islas, como vivientes o fósiles.

Las que mencionamos a continuación son típicas de las aguas dulces y vivieron seguramente en zonas de turberas o de praderas con Caráceas. Son el *Armiger cristatus* L. (lám. IV, figs. 1-6), especie de la familia de los Planorbidos, propia de aguas estancadas o de curso muy lento. Posee amplia dispersión paleártica y fue mencionada por Haas de las provincias de Barcelona y Gerona. No conocemos cita alguna de esta especie —fósil o viviente— en las Baleares. La *Pseudoamnicola amatina* Drap. (lám. V, figs. 23-25), de la familia de los Hidróbidos, vive también en aguas estancadas, limpias y de curso lento. Viviente ha sido señalada en Mallorca por Jaeckel y de Ibiza por Sacchi. No conocemos más citas de la misma en las Baleares. Su compañera, la *P. balearica* Pal. (lám. V, figs. 20-22), tiene los mismos hábitos que la anterior y de la cual resulta también muy próxima. El Dr. Jaeckel la mencionó primero de Ibiza, después en Menorca, y finalmente en Mallorca (Sóller). *Vitrea pseudohydantina* Bourg. (lám. IV, fig. 8) e *Hydrobia acuta* Drap. (lámina V, figs. 8-11) son propias de aguas estancadas, incluso algo salobres, del litoral mediterráneo. Jaeckel citó a la primera en Menorca; la segunda es conocida actualmente en las tres islas. En cambio, es ésta la primera vez que se menciona como fósiles en Ibiza.

La evolución y formación de todos estos depósitos margoso-arcillosos del flandriense de San Antonio, tuvo lugar probablemente de la siguiente manera, según los datos que hasta el presente hemos podido reunir.

Los lechos grises, inferiores a los carbonosos, contienen siempre escasos restos de organismos: fragmentos de equinidos, moluscos y un reducido conjunto de foraminíferos con *Streblus beccarii ammonoides* y *S. b. inflatus*, más *Cibicides lobatula*, los dos primeros como formas dominantes, pero nunca abundantes. Entre ellos pueden recogerse algunos ejemplares de la *Trochammina inflata* y siempre mucho más raros, otros del *Elphidium crispum*.

La presencia de las dos formas de *Streblus* dentro de un conjunto tan reducido, revela que se trataba de depósitos lagunares salobres muy pobres en vida animal, pues incluso ambas formas se mantenían en estado muy estacionario. Es cosa sabida que la antigua «*Rotalia Beccarii*» es una especie fácilmente adaptable a los ambientes salobres de pantanos o lagunas costeras donde puede desarrollarse normalmente, aunque modificando siempre algunos rasgos morfológicos de sus conchas. Hasta ellas vinieron a parar, sea por el viento desde las playas vecinas, o bien por las incursiones de las aguas marinas, las otras tres especies que les acompañan: *Trochammina inflata*, *Cibicides lobatula* y el *Elphidium crispum*, pues estas últimas aunque costeras, son esencialmente marinas, no tolerando las influencias de las aguas continentales; por tal causa se hallan tan escasamente representados.

Los lechos con *Streblus* alternan repetidas veces con otros sin organismos en una serie cuya potencia no podemos precisar aún con seguridad, hasta que alcanzan los niveles carbonosos repletos de fragmentos vegetales y de los cinco grupos de organismos fósiles que hemos expuesto en páginas anteriores.

Esta primera fase sedimentaria de margas grises viene a representar la existencia de una zona pantanosa a lo largo de la ensenada del puerto de San Antonio, salobre en general, pero con épocas o momentos más directamente influida por el mar, que no estaba lejano. Pero siempre escasa en organismos, como lo atestiguan los pocos *Streblus* encontrados.

Al final de los mismos, y seguramente bajo la influencia de una ligera emersión de toda aquella zona, tales depósitos costeros se transformaron en una amplia sabana de agua dulce, poco profunda, pero en la cual ese régimen lagunar se mantuvo durante mucho tiempo. Aguas quietas, tranquilas, o de curso muy lento, alimentadas periódicamente por caudales que descendían ciertamente de las sierras de sus alrededores.

Fueron estos los momentos propicios al desarrollo de vastas praderas de Caráceas y a la formación de la turba, estando pobladas por el grupo de los moluscos de agua dulce que ya conocemos, como *Armiger cristatus*, *Hydrobia acuta*, *Pseudoamnicola amatina* y *balearica*, *Vitrea pseudohydantina*, *Melanopsis* sp. En sus contornos de prados y zonas húmedas vivieron también

las especies diminutas de los *Vertigo antivertigo*, *Truncatellina cylindrica*, *Carychium minimum*, *Orychilus* sp. Y, finalmente, los cursos torrenciales de la cuenca flandriense de San Antonio depositaron en sus fondos las frágiles conchas de algunos caracoles terrestres, entre ellos, los más numerosos, los de *Xeroplexa ebulliana* y *X. caroli*, demostrándonos prácticamente que en aquellos tiempos ambas especies habíanse diferenciado ya de alguna forma continental hasta alcanzar el mismo grado de especiación insular en que ahora las conocemos.

Y de esta manera debieron de permanecer no poco tiempo estas lagunas, como nos lo indican los lechos de turba de casi un metro de espesor en algunos puntos, hasta que las aguas marinas, en arrolladora invasión, vinieron a romper la estabilidad del biotopo lagunar, siempre escaso en vida animal —si juzgamos por lo que de ella ha llegado hasta nosotros—, arrasando a su vez desde las más cercanas playas al gran contingente de *Miliólidos* y al enorme volumen de las formas juveniles del *Cerithium* que ya conocemos, todo mezclado con moluscos marinos de grande y reducido tamaño, como *Murex truncatus* y *Ovatella bidentata*.

Y otra vez el régimen lagunar puro dio paso a una zona salobre de alta salinidad, poblada todavía, posiblemente, por Caráceas. Una buena parte de estos moluscos continuaron viviendo y adaptándose a este medio costero, como las ostras, lo cual explicaría su lento crecimiento, como ha observado A. Figueras, dentro de un ambiente poco apto para ellas. Lo mismo pudo ocurrir con las *Lucina* sp., *Tellina* sp., *Tapes decusatus*. Corresponde también a este momento de aguas salobres el gran desarrollo de las pequeñas formas de gasterópodos como la *Ovatella bidentata* y la *Truncatella truncatula* y de su variedad *laevigata*.

Pero nosotros creemos que fueron muy pocos los que subsistieron en ese nuevo ambiente, a lo menos largamente, después de la invasión del mar. Lo mismo ocurrió con los foraminíferos propios de las praderas de Posidonias, ninguno de los cuales se mantuvo en estos depósitos. Su paso fue fugaz pero su acumulación intensa.

De la invasión marina que aportó un tan vasto número de individuos de moluscos y foraminíferos, se pasó a un régimen salobre de alta salinidad, caracterizado ahora por la predominancia de los Ostrácodos y durante el cual tal vez volvieran a extenderse grandemente las praderas con Caráceas. A este biotopo salobre podríamos llamarlo de la *Loxoconcha punctatella* ( lám. I, figs. 26-32), tan grande resultó la difusión de esta especie en sus fondos, seguida inmediatamente por *Nestolcheris* cf. *aurantia* ( lám. III, figuras 7-10) y en menor número, tal vez al término de su curso, por *Cypri-deis torosa* ( lám. III, figs. 11-15).

Tan sólo hacia el final, juntamente con *C. torosa*, vuelven a reaparecer los *Streblus*, con las dos especies ya citadas. Estos lechos corresponden a la desaparición de la laguna en el momento de su colmatación, cuando las

aguas continentales dieron lugar a la formación de sus lechos rojizos desprovistos ya de organismos. El retroceso de la línea de costa era lento pero evidente, no parándose ya hasta ocupar el límite que marcan ahora sus aguas.

Tuvieron, pues, esos depósitos flandrienses de San Antonio cuatro fases importantes de desarrollo. La primera corresponde a los depósitos grises, salobres, con escasa vida animal o vegetal, y los consabidos *Streblus*; la segunda comprende la fase de emersión y formación de la laguna de agua dulce con sus típicos pobladores de las aguas estancadas; el tercer episodio está supeditado a la invasión del mar y con la gran aportación de organismos marinos (moluscos y foraminíferos); finalmente, el cuarto representa un régimen salobre caracterizado por la enorme cantidad de dos especies de ostrácodos y supervivencia, posiblemente, de algunos moluscos. Los estratos rojizos señalan el final de todo ese régimen.

El momento culminante de la vitalidad de estos antiguos depósitos flandrienses corresponde a la fase de turberas. Con la declinación de éstas por la acción demoledora de las aguas del mar, toda la serie de sus depósitos se extinguen rápidamente.

Quedan todavía una serie de datos de tipo biogeográfico relacionados con los moluscos terrestres y de agua dulce, todos ellos muy interesantes, pues estos lechos flandrienses nos han dado una serie de especies que en la actualidad parecen haberse extinguido de la isla, a igual de lo ocurrido con las *Rossmassleria* del Cuaternario superior de la isla de Formentera y ya mencionado por nosotros en anteriores publicaciones.

Las especies más importantes en este sentido son, en primer lugar, las que se desarrollaron en las aguas de las turberas flandrienses, como el *Ar-miger cristatus* L., o en los prados y tierras húmedas de sus alrededores, como el *Vertigo antivertigo* Drap., y el *Carychium minimum* Mull. Estas tres especies parecen haber desaparecido de la isla ante el progresivo aumento de la sequedad (fig. 2).

La *Ovatella bidentata* (Mont.), citada por muchos autores con el nombre de *Leuconia bidentata* (Mont.), no se conoce tampoco en nuestros días de las Baleares. Sin embargo, el Sr. Cuerda la ha obtenido en el Tirreniense III de Mallorca, revelando con ello una mayor difusión en el pasado sobre las tierras insulares, puesto que está representada en San Antonio por una gran cantidad de ejemplares (fig. 2). Cosa igual ocurre con la *Truncatella truncatula* Drap., sinónima para no pocos autores de la *Truncatella subcylindrica* L., bajo cuya denominación es más frecuente verla citada. Ha sido mencionada viviente en las tres islas, localizada en el nivel de plenamar junto con especies marinas. El Sr. Cuerda la ha encontrado fósil en el Tirreniense del Malpás (Alcudia) y en el Tirreniense III de La Pineda (bahía de Palma), así como en el Tirreniense II, inicial, de Mallorca, en la localidad

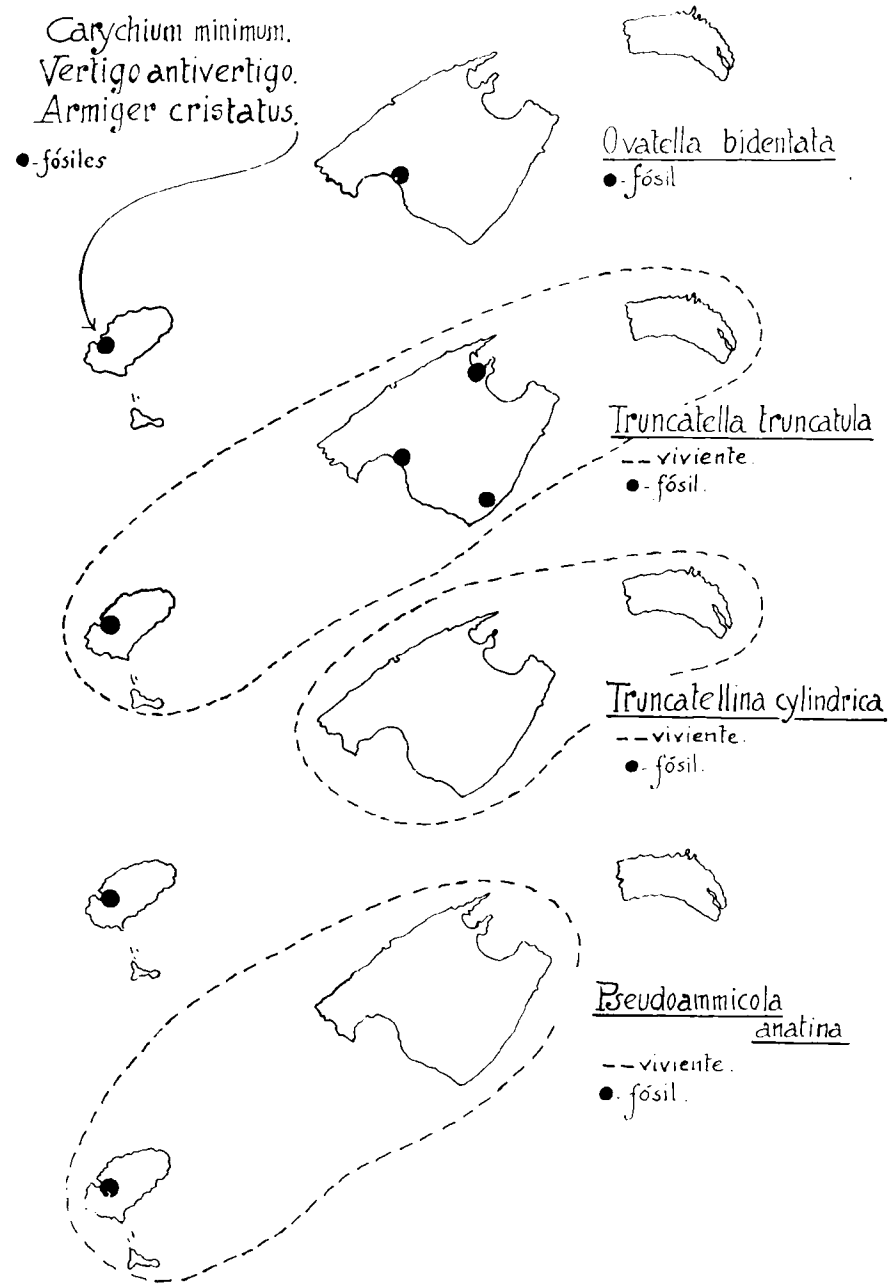


Fig. 2.—Cuadros de distribución actual y fósil de varias especies de moluscos. Punto negro, fósil. Círculo de trazos, distribución actual. *Carychium minimum* Muller, *Vertigo antivertigo* Drap., *Armiger cristatus* Lin., fósiles en San Antonio y desaparecidos posteriormente de la isla de Ibiza.

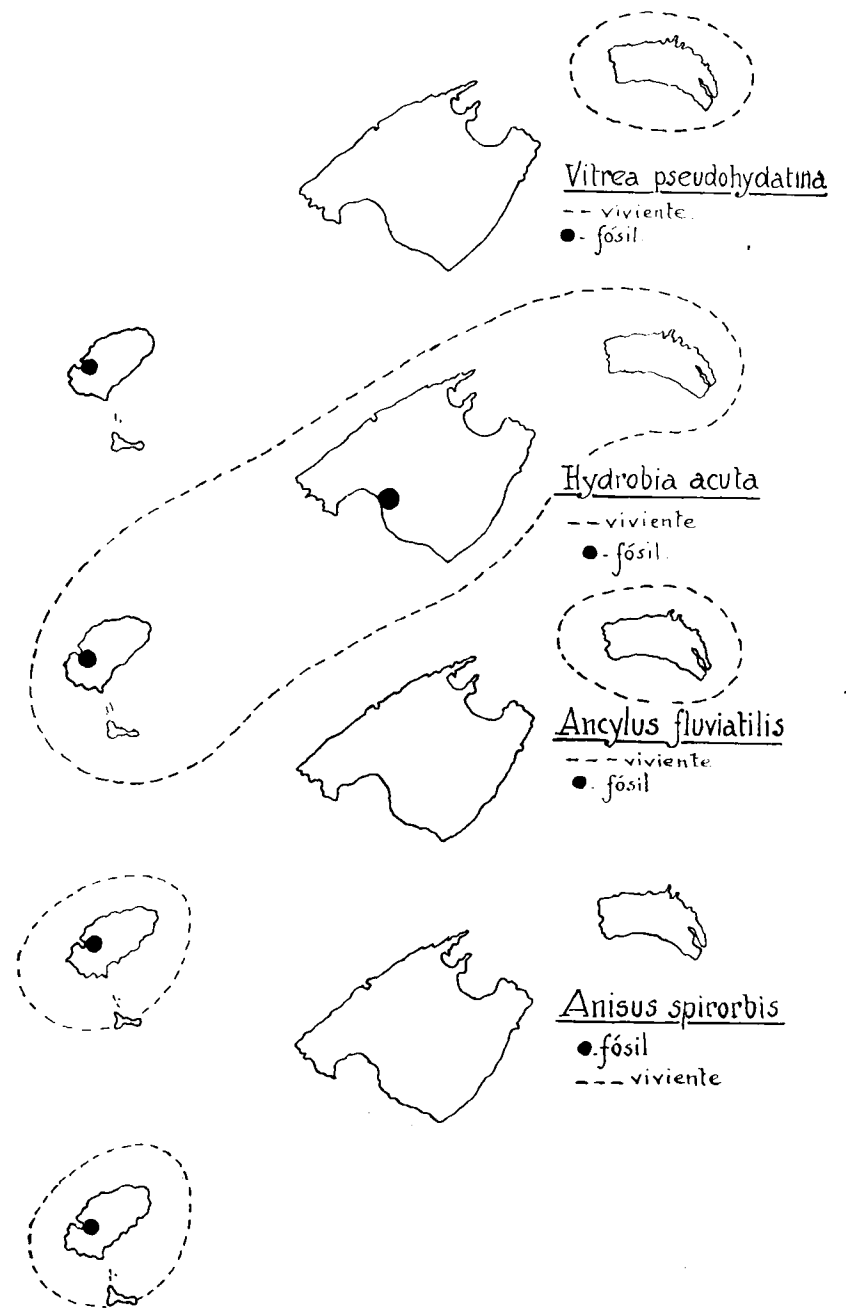


Fig. 3.—Cuadros de distribución actual y fósil de varias especies de moluscos. Punto negro, fósil. Círculo de trazos, distribución actual.

del Cabo Orenol, a unos 11,5 metros de altitud. De manera que durante el Cuaternario alto vivió ya en Mallorca e Ibiza (fig. 2).

En cuanto concierne a la *Truncatella cylindrica* Ferus., la mención de «*Pupa minutissima*» Hartmann, por Hidalgo, que la señaló viviente en Menorca y Mallorca, parece que se refiere a esta misma especie, ya que varios autores, entre ellos el Dr. Haas, consideran a ambas formas como sinónimas. Dicha especie no había sido hallada fósil hasta el presente en las Baleares, ni tampoco viviente en Ibiza, de modo que su presencia en el Flandriense de San Antonio nos demuestra que su área de dispersión al final de los tiempos cuaternarios resultaba más amplia que la actual, pues se extendía entonces sobre las tres islas (fig. 2).

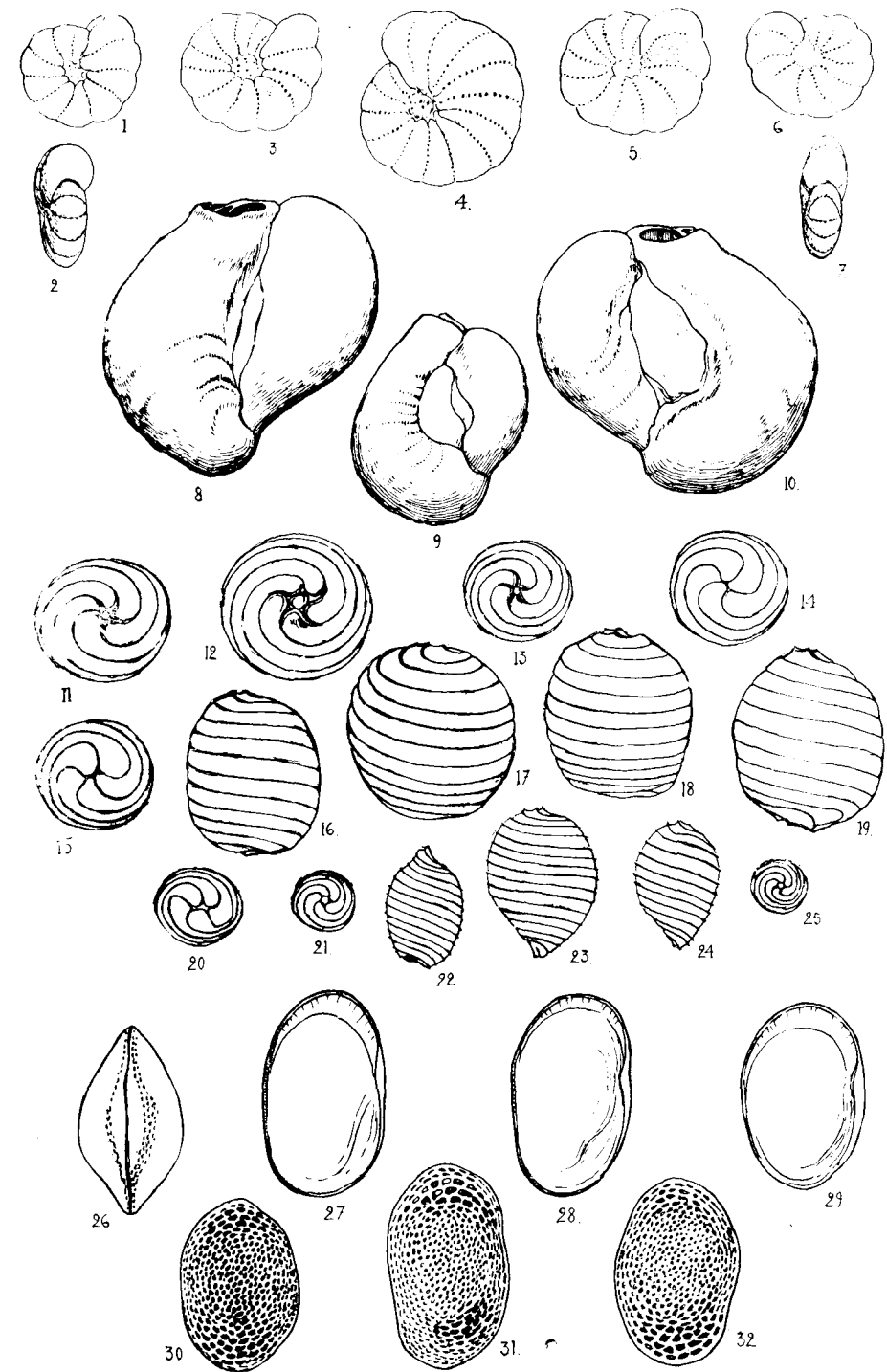
*Pseudoammicola anatina* Drap. vive en Mallorca e Ibiza y su hallazgo como fósil en la última isla nos viene a confirmar su viejo abolengo en las Pitiusas. *Vitrea pseudohyalina* Bourg. ha sido citada de Menorca por el doctor Jaekel, faltando en cambio en Mallorca hasta el presente. Ahora ha aparecido fósil en Ibiza. Presente, pues, en los dos puntos extremos del archipiélago, parece fácil deducir que, al menos durante alguna fase del pasado, ocupara la totalidad de las tres islas. La *Hydrobia acuta* Drap. es conocida de las tres islas y ahora también fósil de Ibiza. Según J. Cuerda es posible que exista también fósil en el Tirreniense de Mallorca.

En cuanto a los pequeños moluscos del pozo del N.E. de San Antonio, proporcionan los siguientes datos:

*Anisus spirorbis* (L.) sigue viviendo en las Pitiusas, pero faltando en las otras islas. Es una forma europea y norteafricana. *Gyraulus laevis* (Ald.) se halla en las tres islas. Se trata de una especie paleártica propia de aguas estancadas. *Ancylus fluctilis* Mull. vive en Menorca y en Ibiza, pero parece faltar en Mallorca. La *Physa acuta* f. *martorelli* Serv. es una forma catalana, aunque la especie se extienda sobre todo al Oeste de Europa. Sigue viviendo en las tres islas donde aficcióna las aguas estancadas o de curso muy lento.

Tan sólo como una pequeña muestra de lo que ha sido la historia del proceso de reducción de especies en el ambiente balear a través de los tiempos cuaternarios, nos lo proporcionase reducido conjunto de moluscos flandrienses con sus limitaciones territoriales cada vez más agudas o con su desaparición total de las islas cuando sus biotopos húmedos o de aguas dulces sufrieron acusado retroceso. En los mapas adjuntos (figs. 2 y 3) podrá el lector seguir de manera gráfica este largo proceso de reducción, tal como actualmente lo conocemos, sin explicaciones teóricas, sino a base de datos precisos proporcionados por los fósiles o la verificación del área de las vivientes.

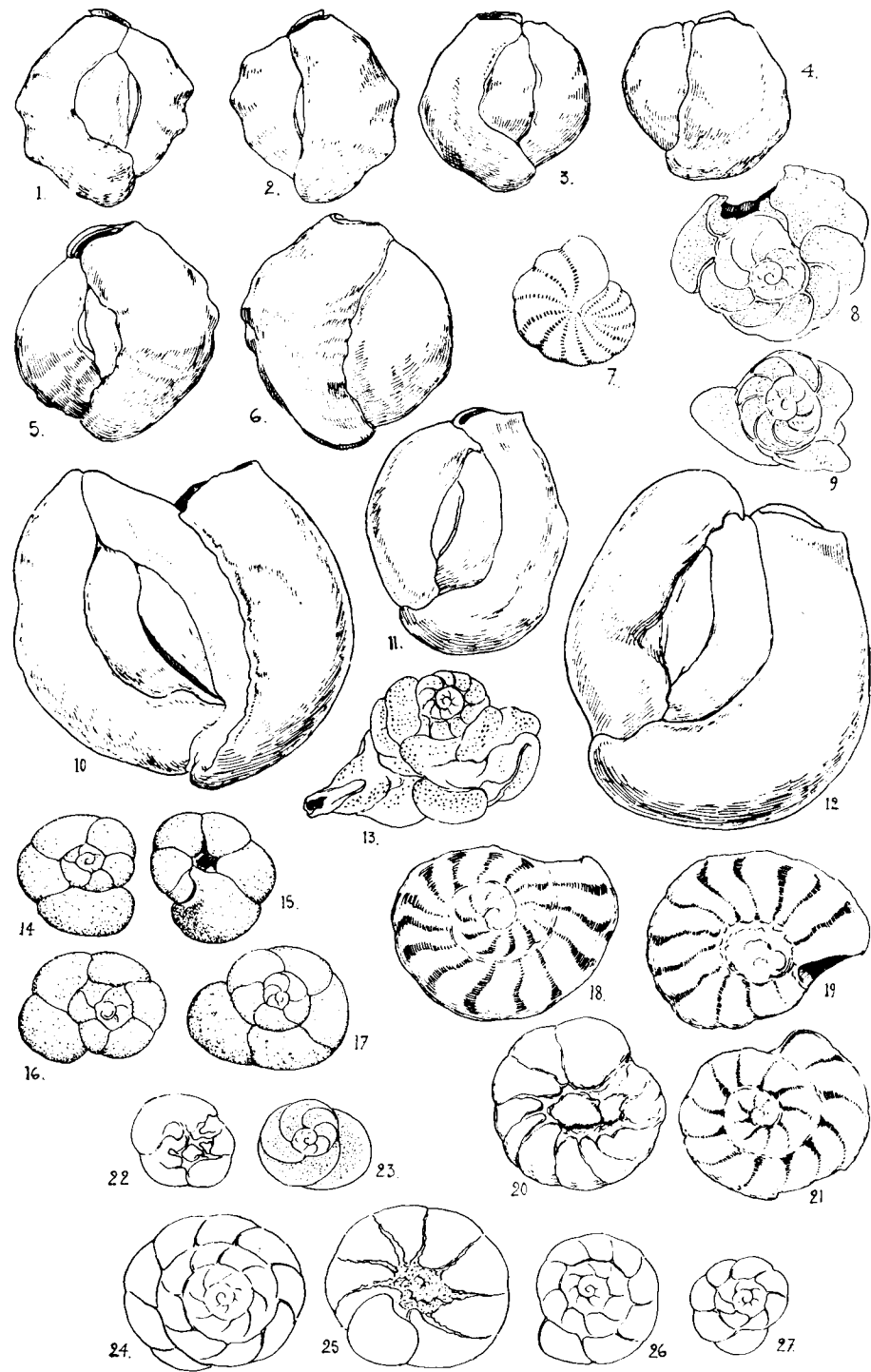
Aunque sin datos exactos, la impresión que proporcionan las especies obtenidas en el pozo del N.E. es de que se trata de niveles algo más recientes que los provenientes del pozo del *Camping Llambias*. Sin embargo, tan



El grupo de especies predominantes en los depósitos carbonosos de San Antonio

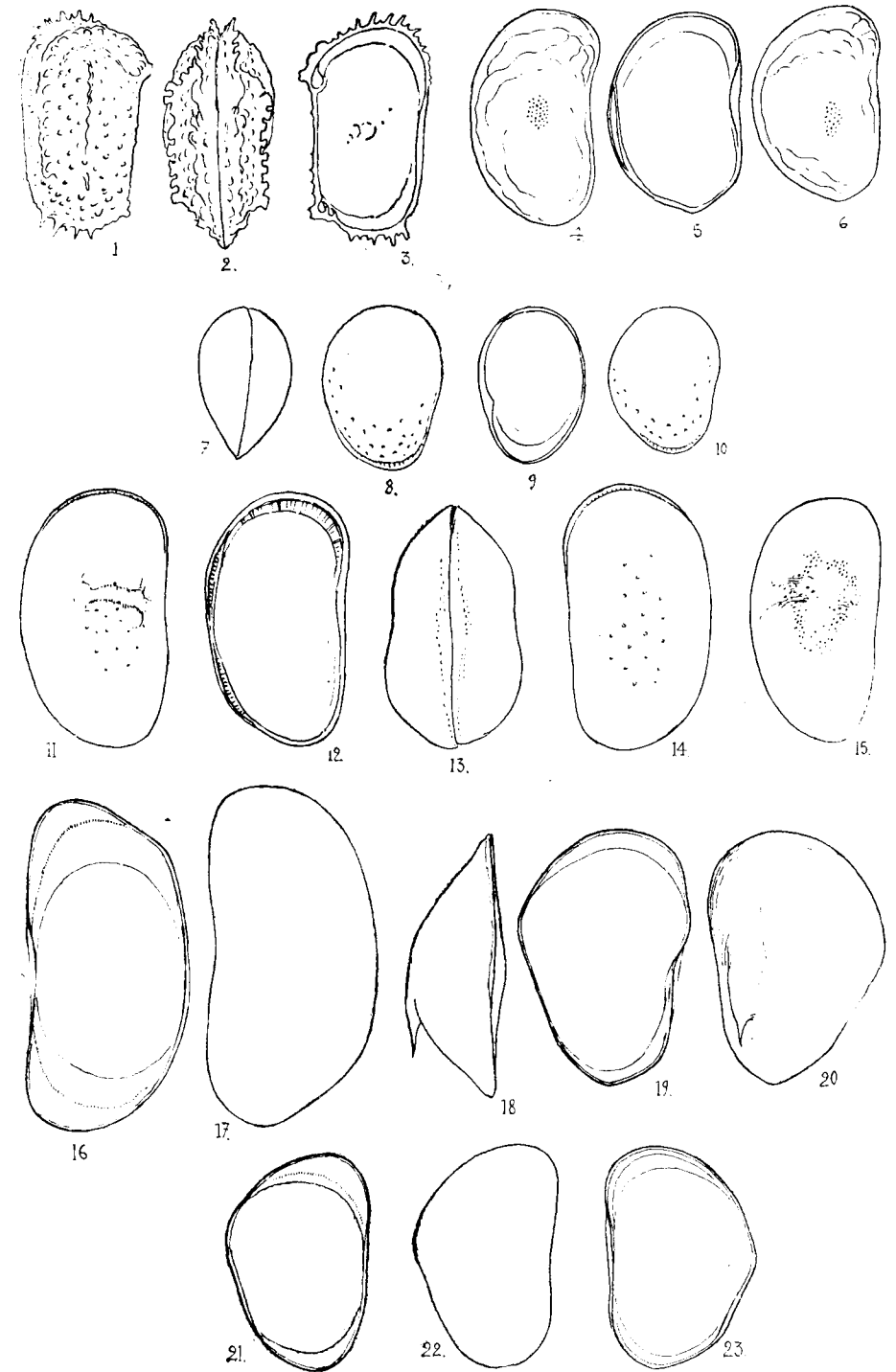
1-7. *Elphidium poeyanum* d'Orb.—8-10. *Triloculina rotundata* d'Orb.—11-20. *Chara* sp.—21-25. *Chara* sp.—26-32. *Loxococoncha* cf. *punctatella* (Reuss)

(Todas las figs. a  $\times 45$ .)



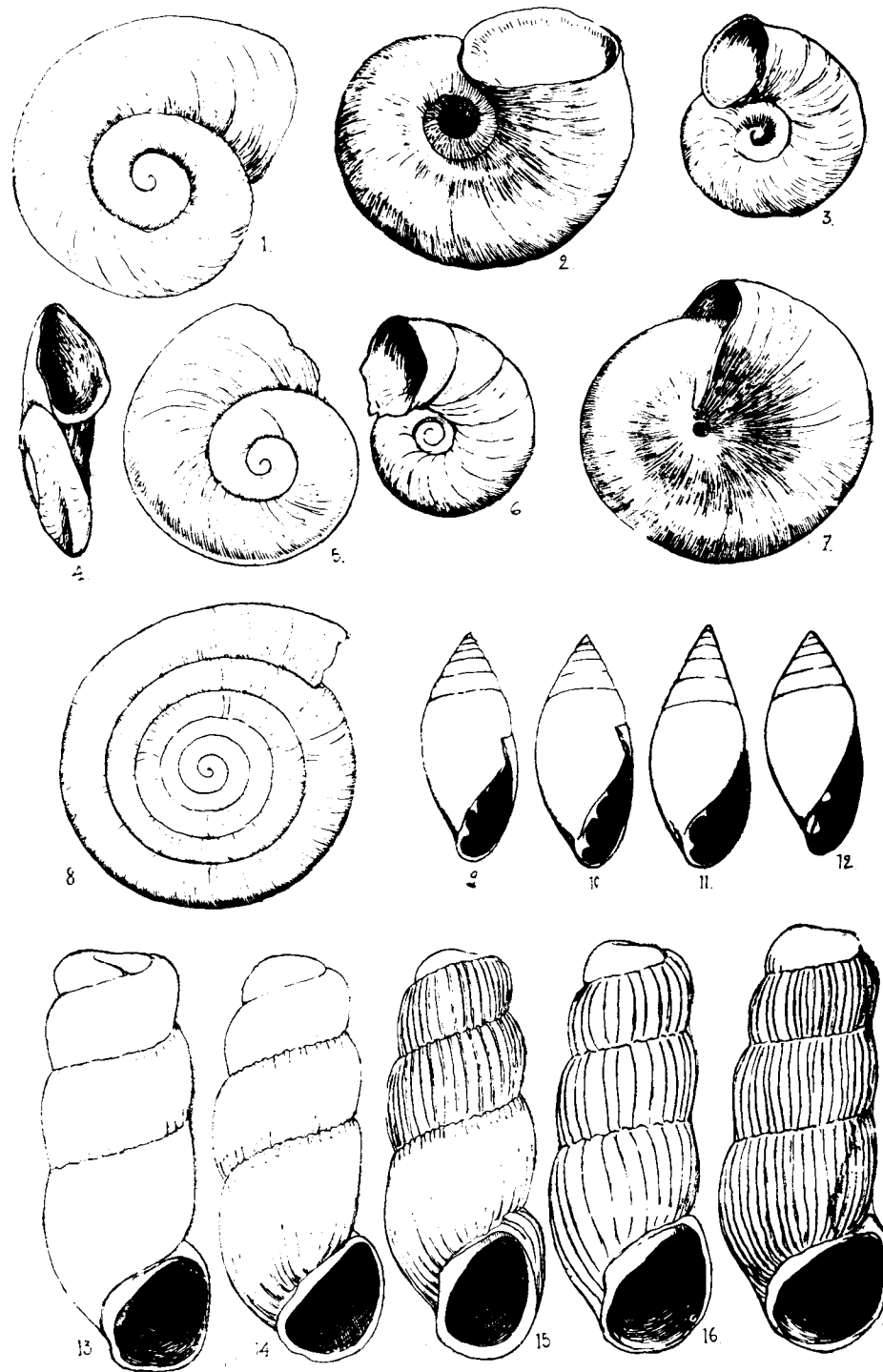
1-6. *Quinqueloculina vulgaris* cornuta Sidebott.—7. *Elphidium excavatum* (Terquem) Cush.—8-9. *Cibicides lobatula* (Walk.-Jac.).—10-12. *Massilina secans* (d'Orb.).—13. *Cibicides varia-bilis* (d'Orb.).—14-17. *Trochammina inflata* (Montagu).—18-21. *Streblus beccarii ammonoides* (d'Orb.).—22-23. *Discorbis* cf. *orbicularis*.—24-27. *Streblus beccarii inflata* (Seguen.).

(Todas las figs. a  $\times 45$ .)



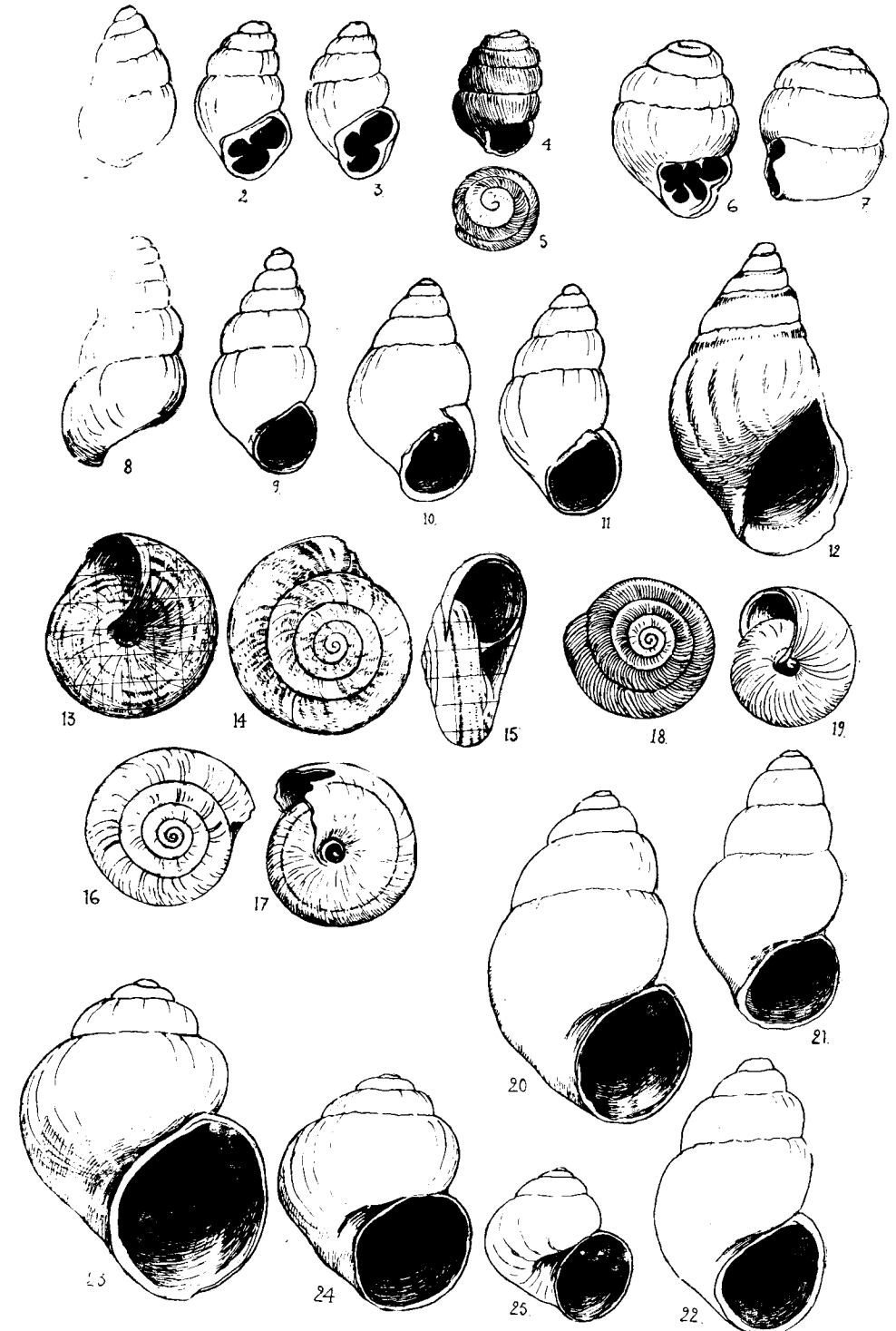
1-3. *Carenocythereis carinata* (Roemer).—4-6. *Aurila* sp.—7-10. *Nestoleberis* cf. *aurantia* (Baird).—11-15. *Cyprideis torosa* (Jones).—16-17. *Erpetocypris reptans* (Baird).—18-20. *Cypris bispinosus* (Lucas).—21-23. *Cyprinotus salinus* (Brody).

(Todas las figs. a  $\times 45$ .)

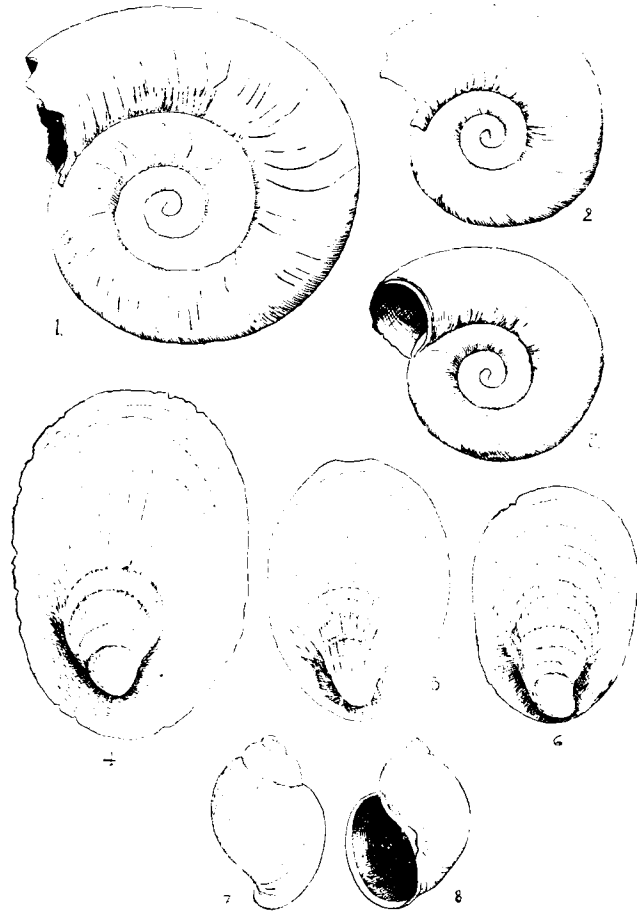


1-6. *Armiger cristatus* Linnco.—7.8. *Vitrea pseudohydractina* Bgt.—9-12. *Ovatella bidentata* Montagu.—13. *Truncatella truncatula laevigata* Risso.—14. Formas de paso a la siguiente.—15-17. *Truncatella truncatula* Drap. Núm. 17. ejemplar fuertemente estriado.

(Todas las figs. a  $\times 20$ , excepción de las figs. 9-12, a  $\times 9$ .)



1-3. *Carychium minimum* Muller.—4-5. *Truncatellina cylindrica* Feruss.—6-7. *Vertigo antivertigo* Drap.—8-11. *Hydrobia acuta* Drap.—12. *Melanopsis* sp.—13-17. *Xeroplexa ebusitana* Hidalgo.—18-19. *Xeroplexa caroli* Doh.-Seyn.—20-22. *Pseudoamnicola balcarica* Paladilhe.—23-25. *Pseudoamnicola anatina* Drap.



1. *Anisus spirorbis* (L.).—2-3. *Gyraulus laevis* (Alder).—4-6. *Ancylus fluxiatilis* Muller.—  
7-8. *Physa acuta* Drap. f. *martorelli* Servain.

(Las tres primeras figs. a  $\times 20$ , la última a  $\times 6$ .)

sólo investigaciones más detalladas podrán comprobar o negar esta suposición.

El estudio de las formaciones cuaternarias de las Baleares tiende a presentarse cada vez más como el punto clave capaz de suministrarnos una extensa información sobre la historia del poblamiento animal de las islas. Es una esperanza que creemos prometedor, mientras estas investigaciones no se interrumpan.

Recibido el 6-XII-1963.



FELIX CAÑADA GUERRERO (\*)

SINTESIS GEOLOGICA SOBRE EL PALEOZOICO  
Y PREPALEOZOICO DEL EXTREMO ORIENTAL  
DE LOS PIRINEOS, EN LA ZONA DE ROSAS  
(GERONA)

RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el macizo de Rosas, en el extremo oriental de los Pirineos, cuyos terrenos se sitúan entre el Arcaico y el Cambriano, y a los que se considera pertenecientes a un sinclinatorio muy desmantelado, en el que los terrenos más modernos corresponden a la parte central.

Se estudian, asimismo, la serie estratigráfica en la que aparecen episodios silico-dolomíticos-calcareos, dentro de la masa de esquistos-pizarras, y la serie cristalina, en la que se incluyen las formaciones metamórficas.

ABSTRACT

This paper presents a study of the Rosas metamorphic nucleus in the extreme east of the Pyrenees which formations are clasified between the Archaic and the Cambrian. These formations are considered belonging to a very dislocated sinclinatorius in which the most modern corresponds to the central part.

The stratigraphic serie is studied, in which appears silic-dolomitic calcareous events within the schists slates mass. The crystalline part is also considered including the metamorphic formation.

Aunque los Pirineos Occidentales vienen siendo objeto de la atención de los geólogos desde hace más de un siglo, en casi todos sus estudios no encontramos otra cosa que ligeras referencias a la zona en cuestión.

L. M. Vidal, en su *Reseña Geológica y Minera de la provincia de Gerona*, en 1886, es el primero que se ocupa en particular del área de Cabo de Creus. Este trabajo viene seguido por el de L. Mallada (1895-96), que en su *Explicación del Mapa Geológico de España*, también se refiere a la zonas de Rosas; al hablar de las formaciones cristalinas, cámbricas y silúricas.

(\*) Dr. Ingeniero de Minas.

M. Dalloni, publica en 1930 un interesante trabajo sobre los Pirineos Catalanes, y en 1934-35 aparecen los de L. Ashauer, R. Teichmüller y O. Mengel.

Aunque sin ocuparse de esta región, consideramos de especial importancia, los estudios de P. Cavet sobre el Paleozoico de la zona axial de los Pirineos catalanes, que hemos tenido muy en cuenta en nuestras conclusiones.

Recientemente, el profesor J. M. Fontboté, en colaboración con B. García Rodrigo, ha publicado un trabajo sobre la vertiente sur de los Alberes, que unido a las conversaciones mantenidas con él, ha contribuido a aclarar nuestros puntos de vista.

#### RASGOS MORFOLÓGICOS Y OROGRÁFICOS

Destaca orográficamente en estos afloramientos paleozoicos, un cordal de alturas con complicadas digitaciones, que sigue la dirección NO-SE. y que al final se incurva hacia el mar.

Este cordal, penetra en la Hoja de Rosas, por una penillanura colgada a unos 500 metros, por la que fácilmente se llega a San Pedro de Roda, a poca distancia del Pico de Roda, de 670 metros, el más alto de la Sierra de Roda y de todo el contorno.

A partir de aquí, la afilada divisoria de esta sierra, tallada en neis, vuelve a alcanzar dos cotas importantes, de 659 y 640 metros, viéndose interrumpida por el valle de la Riera Coll.

El conjunto se presenta con una complicada topografía, en la que las alturas de Puig Rom, 229 metros, junto al Faró de Rosas; Puig Alt, 490 metros, al SE. del Mas de los Arboles; Puig de Paní, 613 metros, donde hay instalado un observatorio; Puig d'els Bufadors, 433 metros, en la Montaña Negra, son las más importantes.

Con respecto a la morfología, podríamos apreciar en ella varias procedencias:

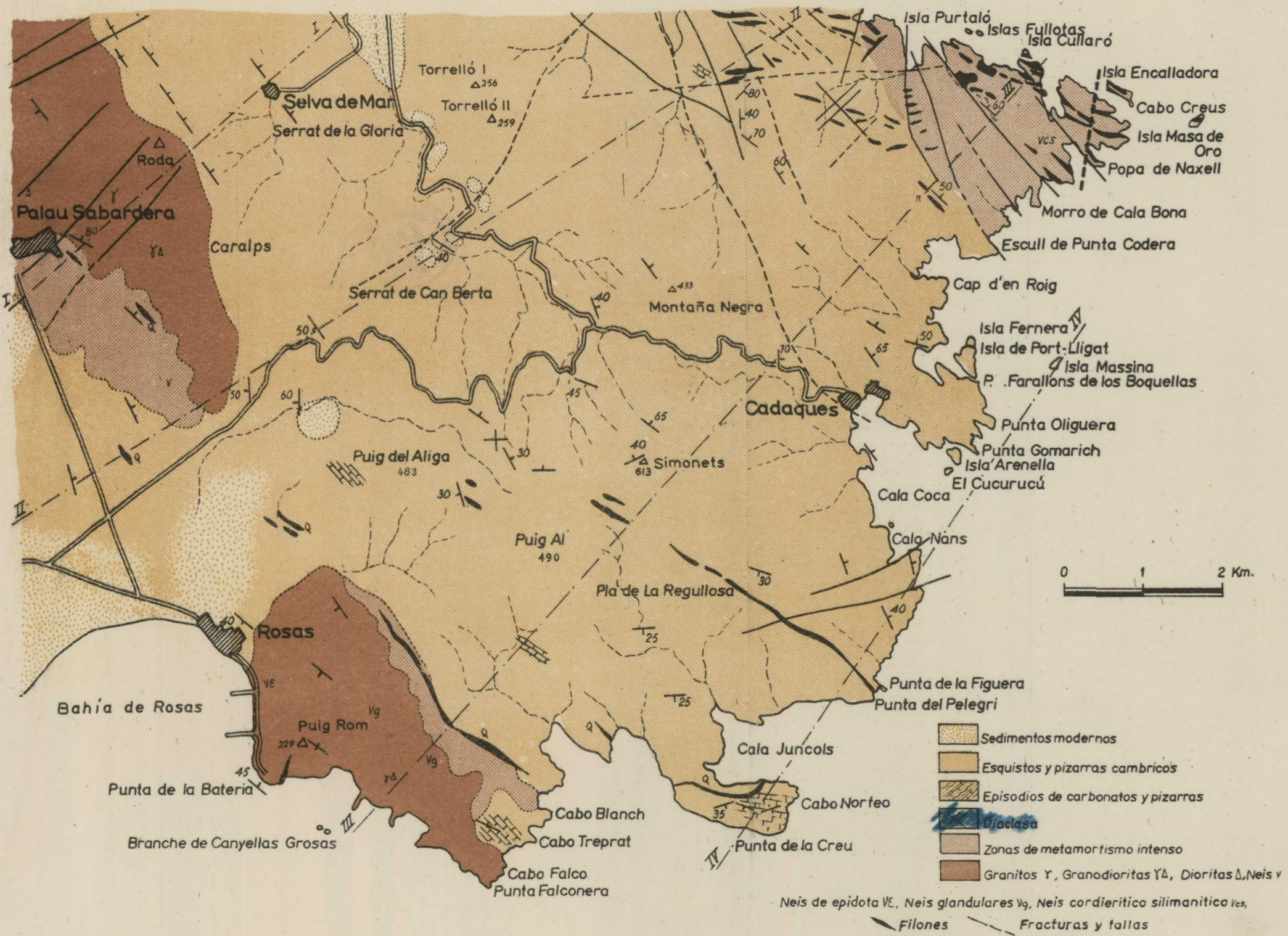
a) La morfología propia de un anticlinorio herciniano de eje aproximado NO.-SE. sumamente desmantelado.

b) La que corresponde a una penillanura, colgada a varios centenares de metros sobre el mar con una inclinación bascular, hacia el NE. y que se superpone a la primera.

c) La que ha nacido a consecuencia de una intensa acción erosiva reciente, relacionada probablemente con la orogenia alpina, que ha festoneado con valles profundos la primera plataforma y que se superpone a las dos anteriores.

Estas causas morfológicas que acabamos de considerar, relacionadas con los accidentes topográficos, nos permiten hablar de las alturas de proceden-





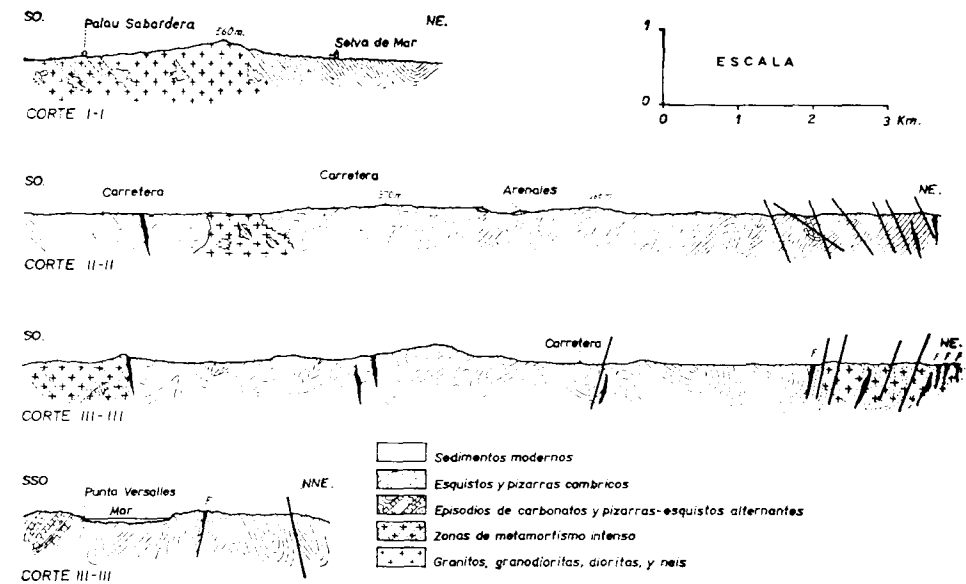


cia hercínica y de alturas que no se relacionan inmediatamente con ninguna orogénesis, sino que tienen una procedencia puramente epigénica.

### OROGENIA Y TECTÓNICA

La superficie que consideramos, constituye la extremidad oriental del macizo de los Alberes, que a su vez se entronca geológicamente con el Canigou.

El hecho de que, prácticamente la totalidad de los terrenos sean paleozoicos y, en nuestra opinión, inferiores al Siluriano, determina que su estudio orogénico-tectónico deba comenzar en el Cámbrico.



Dada la pequeñez del área y la falta en ella de elementos, a partir de los cuales pudiéramos reconstruir sus vicisitudes geológicas, hemos de recurrir a otros estudios de zonas más amplias que trataremos de extrapolar a la nuestra.

Según H. Ashauer y R. Teichmüller, los primeros movimientos orogénicos apreciables en Cataluña, tienen lugar antes de la deposición de las gravacas y conglomerados del Viséano, aunque si bien establecieron un primer sistema de plegamientos, la intensidad de las últimas fases bretónicas fue muy pequeña, pues sólo se observan localmente algunas discordancias angulares.

Como el Carbonífero inferior ha sido plegado, manteniéndose prácticamente concordante con sedimentos anteriores; como el Estefaniense continental aparece en amplias superficies de los Pirineos meridionales, en discor-

dancia sobre estratos plegados; y como en Aguiró aparecen un Westfaliense y un Estefaniense continentales deducimos que, un importante plegamiento varisco tuvo que acontecer entre el Viseano y el Westfaliense.

H. Schmidt, en 1932, fundándose en que el Estefaniense yace discordante sobre terrenos más antiguos, con un potente conglomerado de base (citándonos las localidades de Surroca, Pla de San Tirs, Montardit), dedujo que los plegamientos variscos eran de edad astúrica. No obstante, como se ha encontrado el Westfaliense en absoluta concordancia con el Estefaniense, algo más al Oeste, podemos asegurar que, de haber existido algún plegamiento en la fase astúrica, hubo de tener un carácter puramente local. Parecen ser mucho más importantes y generales los acaecidos entre el Viseano y el Westfaliense, que bien pudieran ser de edad Sudética.

Según H. Ashauer, los movimientos variscos tienen sus manifestaciones póstumas en las fases Saálica y Palatinica, que permiten reconocer la dirección catalana N.-NE.

Es en el Permo-Triás cuando se inicia un surco en los Pirineos Orientales.

En el Triásico y Jurásico el borde N. del surco pirenaico, se acuña hacia la Meseta Central francesa y al S. del mismo, en la zona de zócalo ampurdano-aragonesa, la manifestación mesozoica es escasa.

En el Dogger, la cuenca de los Pirineos Orientales queda aislada de la zona provenzal-baleár, terminando en aquélla la sedimentación marina antes que en ésta.

El zócalo cristalino, núcleo actual de los Pirineos Orientales surge, según Ashauer, como efecto de una tectónica pre-cretácica difícil de datar. Apunta la posibilidad de una orogénesis-Kimmeridgense, pero el hecho de que, hasta el momento, no se hayan encontrado discordancias, hace también pensar en movimientos epirogénicos posteriores al Dogger, que provocaron el alzamiento del zócalo. Es de notar, que en los mismos tiempos, continuaba la sedimentación marina, en el área provenzal-baleár.

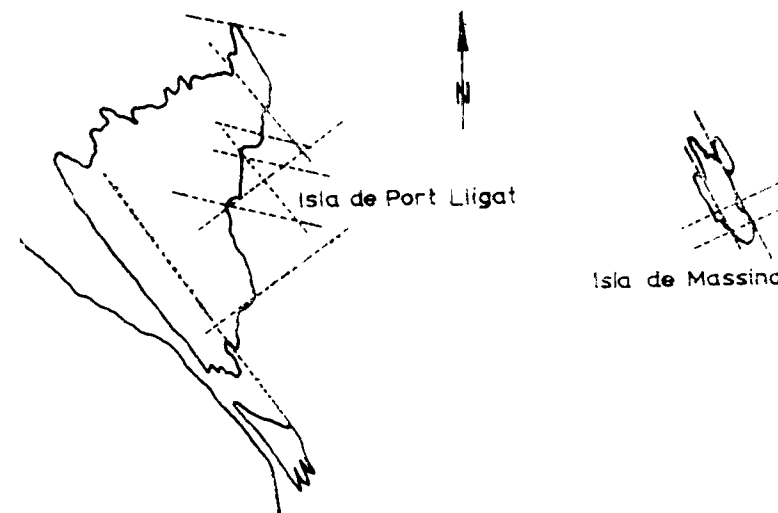
En la zona más oriental de los Pirineos Orientales según Ashauer, el zócalo axial experimenta un alzamiento en el período de la transición del Cretácico al Paleógeno, correspondiéndose con ligeros plegamientos de edad larámica. Pone de manifiesto estos movimientos, observando la variación que existe en el yacente de las capas eocenas inferiores, que se apoyan directamente sobre el Paleozoico en el Boulou, mientras que unos 12 kilómetros más al Oeste (en Amelieles-Bains), se conserva una serie mesozoica que alcanza hasta el Garumnense.

Durante el Eoceno se alza epirogénicamente el zócalo de los Pirineos Centrales y en la transición del Eoceno al Oligoceno, tienen lugar los importantes plegamientos pirenaicos, que en la zona de Figueras, próxima a la nuestra, tan notorias señales han dejado.

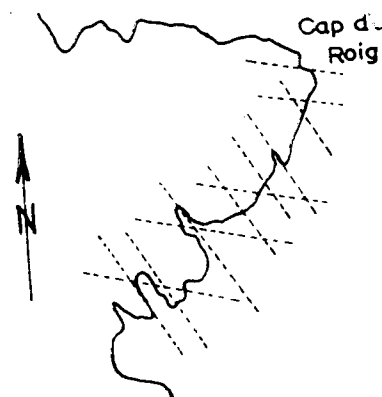
Con la fase Sávica, que afecta fundamentalmente a las antezonas, termina

el desarrollo alpino de los Pirineos, puesto que el Mioceno, apenas aparece ondulado.

En el Plioceno, el mar penetra en las bahías del Ampurdán y del Rosellón



Sistemas de fracturas en las islas de Port-Lligat y de Massina.  
En la de Massina, el conjunto de las tres direcciones, está girando ligeramente al E.



Croquis de la Península de Cap d'en Roig,  
con los sistemas de fracturas visibles en la  
costa.

al tiempo que el país experimenta un alzamiento, en pro de cuya idea, cita Ashauer un Plioceno marino de 200 metros sobre el mar. Actualmente parece continuar este alzamiento en algunas zonas.

Simplemente con las observaciones que en la superficie estudiada hemos realizado, no habría posibilidad de hablar de todos estos plegamientos, que en mayor o menor escala han podido dejar sus huellas en ella.

Sólo existen afloramientos paleozoicos, en los cuales solamente los plegamientos hercinianos son enequivocamente visibles. De otros movimientos posteriores, nada nos habla con claridad. No obstante, la gran influencia que otras orogénesis tuvieron en la cadena Pirenaica, visible en zonas muy próximas a la nuestra, nos hace considerar como muy probable, el que también hayan afectado al macizo de Rosas, provocando en él un alzamiento, y dando lugar al rejuvenecimiento de algunos de sus sistemas de fractura, y quizá a la aparición de otros, cuyas direcciones se presentan con cierta independencia con respecto a las otras.

C. Mengel, en su estudio de la Hoja de Prades, cree ver en el macizo de Creus, como llama al conjunto paleozoico que estudiamos, un anticlinal de eje NO.-SE., aunque alcanzado por los grandes movimientos horizontales del Terciario.

M. Dalloni, en su estudio de los Pirineos Catalanes, se hace partícipe de las ideas de C. Depéret, según las cuales, se considera este macizo como perteneciente a los ramales desviados al Sur de un haz de pliegues dispuestos en abanico, que junto con el eje de este haz orientado de E. a O. constituye los Alberes. Llama asimismo la atención sobre la extraordinaria «virgación» de la zona axial, que asombra tanto más, cuanto se presenta en el extremo oriental de la cadena, y afirma, que ha sido impuesta por la presencia en profundidad de masas cristalinas, «cuyos contornos han determinado la orientación, a veces aberrante, de los pliegues».

Ve también en la Sierra de Rosas una estructura anticlinal.

Nuestra opinión, en cuanto se refiere a la estructura de este conjunto, es que puede tratarse de un sinclínorio, muy denudado, cuyo eje seguiría la dirección NO.-SE., pasando próximo a Selva de Mar y al vértice Simónets, y en el levantamiento de cuyo flanco occidental, pudieran haber influido las surgencias granítico-neísicas de la Sierra de Roda y del Serrat de la Torre del Sastre.

De este modo podemos coordinar los buzamientos observados, con la edad que atribuimos a los estratos, tanto más modernos, cuanto más nos aproximamos al eje, y que no creemos posteriores al Cámbrico.

### *Las fracturas*

Nuestras observaciones de campo, unidas al estudio de la fotografía aérea, nos han permitido distinguir tres series fundamentales de fracturas, que con variaciones angulares, siguen las direcciones NO.-SE., NE.-SO. y E.-O.

El primer sistema, NO.-SE., es el más importante y sigue direcciones sensiblemente paralelas a los ejes de plegamientos hercínicos; pueden considerarse como las fracturas de descompresión del plegamiento y dan lugar

a una topografía de hendiduras, especialmente visibles en la costa, en las que se alojan numerosos barrancos y rieras. Los situados al E. de la línea que une Cadaqués con Puerto de la Selva, están prácticamente en su totalidad alojados en estas hendiduras.

Los más importantes:

La que modela el borde occidental de Popa de Naxell, llegando hasta la Cala de Culip.

La que va de la Isla de Purtarió a Cala Bona, con otras más en la misma zona, rigurosamente paralelas.

Con una desviación angular hacia el N., es decir, siguiendo una dirección aproximada N. NE.-S. SO., encontramos otra importante serie, entre las que figuran:

La que aloja la Riera Serenasá.

La que comenzando en Cadaqués, termina en Cala Taballera.

Fracturas muy importantes de este sistema, por su extensión y por su gran influencia en la topografía, las hemos observado en la parte granítica de la Hoja de Agullana.

Con él están relacionados los filones de cuarzo de grandes corridas y potencias, que aparecen en la parte occidental de la Hoja de Agullana y en nuestra zona, y que constituyen manifestaciones hidrotermales del período hercínico. Tales son, en la nuestra:

El que apareciendo al O. del Mas d'en Romañac, se bifurca al SO. del Puig de Pani, continúa al SE. por el Serrat de la Sala y termina en la Punta del Pelegriv.

El que forma el Serrat de la Torre del Sastre, que va a terminar en el saliente que separa Cala Montjoys de Cala Rustella, y que probablemente es una continuación de los que aparecen 1.500 m. al N. NE. de Rosas.

El sistema de fracturas NE.-SO. tiene también gran importancia, especialmente en la parte occidental de la zona, donde podemos observarla a través del macizo granítico de la Sierra de Roda, en trayectos de gran longitud. Son asimismo, claramente visibles en el litoral, a cuyo modelado parecen haber contribuido decisivamente.

Señalamos como más importantes:

La que pasa por el Mas de la Pallera y llega al mar por la playa de la Vall; la que va de Palau Sabardera al castillo de San Salvador, que junto con otras menos acusadas, constituyen los cauces de la mayor parte de las torrenteras en ambas vertientes de la Sierra de Roda. Siguen también aproximadamente esta dirección, aunque con un giro apreciable hacia el E., las que encontramos en Cala Nans y en la Osalleta, la última de las cuales disloca el potente filón de cuarzo del Serrat de la Sala.

Por último, citaremos otras fracturas, que no hemos incluido en las series citadas, por desviarse apreciablemente de sus direcciones. Tales son, la

que pasa por el Más de Birba, de orientación E.-O., y algunas otras de clara orientación N-S, entre las que destacan la que parece haber determinado la orilla occidental de la Cala Purlaló y la que pasa por la casa de los carabineros en el Cabo de Creus.

En cuanto a la edad de estos accidentes tectónicos, aunque en nuestra Hoja no disponemos de criterios que nos permitan reconocer la influencia de orogénesis posteriores a la hercínica, está fuera de duda, según observaciones realizadas en otras zonas, que si bien la antigüedad de esas fracturas, al menos en su mayor parte, se remonta a los tiempos variscos, han experimentado reaperturas o reajustes posteriores que afectaron a los sedimentos mesozoicos y cenozoicos. En cualquier caso, es un verdadero problema reconocer la edad de las fracturas y fallas posthercínicas. El hecho de que la tectónica terciaria ha dado lugar a un rejuvenecimiento de las hercínicas, que de este modo han afectado también a los sedimentos posteriores, hace muy difícil distinguir las unas de las otras.

Todos estos sistemas pueden observarse claramente en la costa, donde la erosión marina ha dado lugar a que aparezca con una precisión geométrica, según podemos ver en los croquis adjuntos.

#### ESTATIGRAFÍA

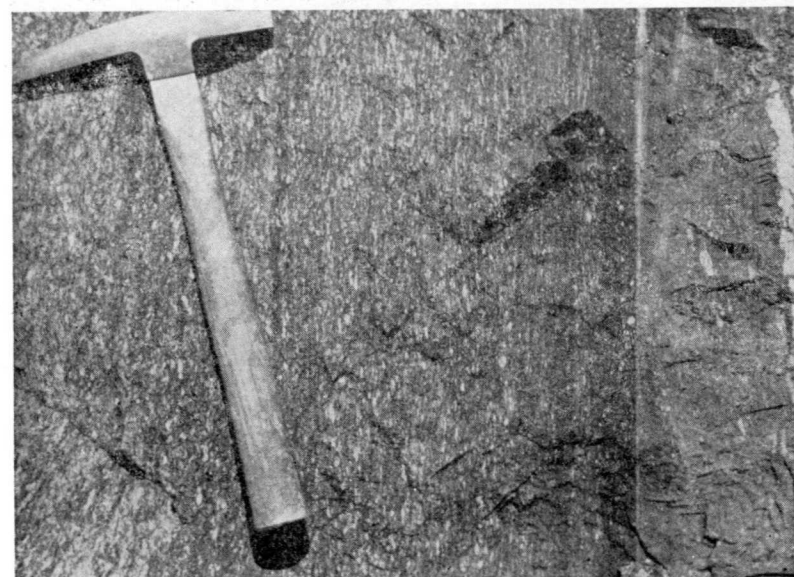
Para abordar el estudio estratigráfico de una zona, constituida prácticamente en su totalidad, por rocas cristalinas y sedimentos del Paleozoico inferior, hemos de comenzar considerando que nos encontramos en el conjunto de los Pirineos Orientales, donde no se ha podido establecer una separación segura entre las formaciones antiguas, que abarcan de un posible arcaico al Siluriano inferior. Se trata de terrenos afectados por un metamorfismo de diversos grados, en los que se agrupan neís, pizarras, grauwacas y mármoles (episodios calizo-dolomíticos metamórficos).

En los estratos más altos de esta mal conocida serie, ha encontrado H. Schmidt el *Calimene tristani*, lo que ha permitido reconocer en ellos el Llandeilo; y en los de sedimentación posterior, una bien caracterizada fauna, ha permitido datar las pizarras y grauwacas del Caradoc, las calizas apizarradas del Ashgill, etc.

Ahora bien, estos criterios paleontológicos, faltan en el extremo oriental, donde, además, las profundas alteraciones metamórficas que han afectado a los sedimentos paleozóicos, impiden aplicar con garantía los criterios de facies.

Este caso es el nuestro.

No hemos encontrado un solo fósil y el metamorfismo, en mayor o menor escala, es general.



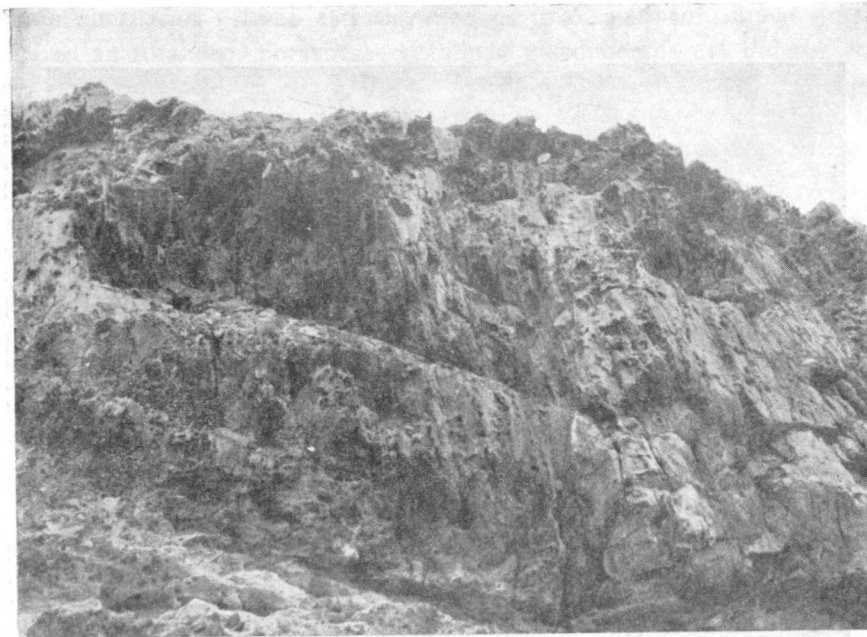
Fot. 1.—Neis de epidota próximos a Rosas.



Fot. 2.—Erosión en las granodioritas al E. de Rosas.



Fot. 3.—Alternancias sílico-calcáreas en la península del Torreón de Lofen.



Fot. 4.—Erosión en los esquistos de Cabo de Creus.

Tendremos presente, para una clasificación estratigráfica, los criterios seguidos por L. Bertrand, Ch. Depèret, O. Mengel, en las Hojas de Ceref y Prades al 1:80.000; por M. Dalloni, en su *Etude Géologique des Pyrénées Catalanes*, así como los que en trabajos posteriores exponen H. Ashauer y R. Teichmüller, al estudiar el Paleozoico de los Pirineos Orientales y fundamentalmente los de Pierre Cavet en *Le Paleozoique de la zona axiale des Pyrénées Françaises*, y los de Fontboté y García Rodrigo.

#### *Probable Arcaico-Precámbrico*

Una formación metamórfica muy antigua, que no podemos datar exactamente, aparece al N. de la línea que une Puerto de la Selva con Cap d'en Roig y continúa en la Hoja de Port Bou, llegando al Faro de la Sarnella.

El metamorfismo que afectó a esta formación fue muy intenso, tanto por la temperatura alcanzada como por los violentos esfuerzos a que fue sometida. En la preparación en lámina transparente de una roca tomada en Cabo de Creus, aparecen cordierita y silimanita, que nos hablan del alto grado de metamorfismo termal.

Se trata de rocas de tonos oscuros, ásperas al tacto y con la consistencia de una pasta cerámica cocida, a las que la erosión ha corroído de una manera peculiar, que las hace aparecer como una madera carcomida (fotos 4 y 5).

Se encuentran atravesadas profusamente por filoncillos y filones de cuarzo y pegmatitas, que muchas veces aparecen en lentejones de dimensiones muy variables, bien coincidiendo en posición con los estratos, bien introducidos entre diaclasas (fotos 5 y 6).

Son notables los situados en el mismo borde de la Hoja, al N. del Más de la Birba, los de la zona del Más Rabases de Abajo. Los innumerables que se encuentran en toda la zona de Cabo de Creus (Tudela, Islas Fullotas, Cala Culip, etc., etc.). Hay en ellos numerosos minerales, según hemos observado en las preparaciones estudiadas y que, en general, nos hablan de un metamorfismo regional.

En zonas donde el metamorfismo es menos intenso, se presenta esta serie en forma de rocas pizarrosas finamente fajeadas en colores grises verdosos, oscuros y claros, con la misma erosión en panal de abeja o como madera carcomida (cala al N. de Cap d'en Roig).

También hemos encontrado algunos lentejones marmóreos intercalados. Es notable el situado unos 200 mts. al N. 30° E. del Más de la Birba, que fue objeto de explotación. El mármol es blanco, con bandas grises y de grano muy fino. Tiene una potencia de 10 a 15 metros y en él las intensas rizaduras atestiguan la violencia de los empujes orogénicos. Estas rizaduras afectan también a las pizarras oscuras con abundante biotita, entre las que se encuentran los mármoles. No hemos visto fósiles.



Esta serie, sobre cuya potencia no podemos hablar, es la que consideramos más antigua y quizá constituyera la base del geosinclinal pirenaico.

Por la naturaleza de los minerales que se encuentran en ella, algunos en una gran porción de  $Al_2O_3$ , suponemos que proceden de deposiciones arcillosas, o de areniscas con una elevada proporción de cemento arcilloso.

Constituiría el flanco NE., muy desmantelado, del sinclinorio que señalamos en el capítulo de tectónica.

Aunque salvando las profundas alteraciones metamórficas, existe semejanza entre esta serie y la de Canaveilles, de la que hablaremos más tarde.

No vemos demasiado arriesgado el incluirla en un Precámbrico, aunque siempre con las reservas a que nos obliga la complicada tectónica y el intenso matamorfismo.

Existen opiniones que hablan en favor de la existencia de un Precámbrico e incluso de un Arcaico en la zona axial de los Pirineos Catalanes, y, precisamente, es a formaciones metamórficas de la zona axial pirenaica, que llegan hasta nuestra zona, a las que se atribuye estas edades.

Garrigou las situaba en el Laurentino. (Formaciones de Andorra y Alto Ariege).

Caralp, las suponía del «Terreno Primitivo».

Rousell, consideraba arcaicos los neis y esquistos cristalinos, y precámbricos los esquistos con lentejones calcáreos.

M. Dalloni, nos habla de unos filadíos con intercalaciones de calizas marmóreas, en la subida a San Pedro de Roda, admitiendo la posibilidad de que sean precámbricas.

M. Depéret, estableciendo analogías con el Cambriano de la Montagne Noire piensa, que son de la misma edad los esquistos cristalinos de los Alberes, con sus alineaciones de cipolinos.

No obstante, hay autores como M. Mengel y L. Bertrand, que sin negar la existencia del Cambriano, refieren las calizas de los Alberes al Devónico. En ninguno de ellos hemos encontrado referencias concretas sobre el área que acabamos de señalar.

En los Pirineos Catalanes, se atribuye por algunos autores la misma edad a ciertas formaciones también metamórficas, que aparecen en el Valle de Arán, entre Les y Bosost; en los Valles de los Nogueras, sobre una banda de esquistos cristalinos de 7 a 8 kilómetros, a lo largo de la frontera; en el Valle del Freser, donde se le une el Nuria, por el Salto del Sastre; y en el Alto Valle del Ter.



Fot. 6.—Fenómenos de erosión diferencial en el metamórfico de Cabo de Creus. Pliegues pignmáticos procedentes de gran plasticidad.



Fot. 5.—Diaclasas en el metamórfico de Cabo de Creus, y secreciones pegmatíticas alojadas en ellas.

### El Cámbrico

Aparte de los terrenos ya considerados, a los que atribuimos una mayor antigüedad, suponemos que el resto de los afloramientos antiguos pertenecen al Cámbrico.

Como en todo el área catalana, el Paleozoico, desde el Cámbrico hasta el Carbonífero, constituye un ámbito de sedimentación, cuyas características son de geosinclinal en el eje pirenaico, y de borde, a medida que progresamos hacia el SO.

Estos afloramientos pertenecerían al fondo de dicho geosinclinal, que acciones tectónicas y erosivas han hecho surgir.

Prescindiendo de la aureola del neis, formados en gran parte a expensas de estos sedimentos, la formación cámbrica comprende sedimentos pizarrosos y sedimentos calcáreos, todo ellos afectados por un metamorfismo regional de diversos grados.

Los sedimentos pizarrosos ocupan prácticamente la totalidad del área.

En su mayor parte se presentan finamente estratificados en capas oscuras y claras, de espesores que muchas veces no llegan a 1 mm. y con tonalidades generalmente grisáceas, aunque también verdosas y pardas, que oscurecen a medida que son afectados más intensamente por el metamorfismo. Esta fina estratificación, permanece a través de las transformaciones metamórficas que podemos seguir paso a paso sobre el terreno hasta llegar al neis.

Es de notar, que además del oscurecimiento que provoca en estos sedimentos el metamorfismo, da lugar asimismo, a numerosas secreciones de cuarzo, tanto más abundantes cuanto mayor es la intensidad del fenómeno.

Estas secreciones, unas veces se alojan en las diaclasas y otras se interestratifican con los esquistos. Entre las muchas zonas en que las hemos observado, podemos citar la comprendida entre el km. 8 de la carretera de Rosas a Cadaqués y el Más d'en Romanac; al E. y O. del Corral de la Perafitas; unos 800 ms. al N. de Cadaqués; en el ángulo N. formado por las carreteras de Rosas a Cadaqués y a la estación del F. C. de Villajuiga, etc.

Hemos visto también en ellas zonas muy feldespáticas, análogas a las cuales y cerca de nuestra zona (ángulo SE. de la Hoja de Agullana), son objeto de una activa explotación minera, debido a su elevado porcentaje en feldespatos. Son hojosas, de colores claros, o francamente blancos, con los planos de estratificación sedosos y brillantes por la gran abundancia de sericita. Es muy grande la proporción de microclino y plagioclasas.

No hemos encontrado masas de importancia.

Entre otras, citamos un área, casi en el borde de la Hoja de Rosas, al NO. de Selva de Mar.

También existen zonas en que las pizarras son grises oscuras o negras, correspondiendo a una facies grafitosa, en que la roca aparece con una superficie brillante o mate y untuosa e incluso pulverulenta. Suelen tener abundantes inclusiones de sulfuros (piritas) que por oxidación dan lugar a eflorescencias de azufre y alumbres, que dan a la roca el particular aspecto de las pizarras aluminíferas.

La abundancia de restos orgánicos en la sedimentación creó un ambiente reductor que dió lugar a la formación de sulfuros.

Entre las zonas donde aparecen tenemos:

Por Punta Favarea, entre 800 y 1.000 ms. al S.SO. del Más de los Arboles; en la vertiente SO. del Puig de Pani, etc.

### Estratos calcáreo-dolomíticos

Son poco uniformes y poco extensos.

Les hemos observado en cinco zonas:

- 1.—Alrededores de Puerto de la Selva.
- 2.—Puig del Aliga.
- 3.—Ladera oriental del valle de Montjoys.
- 4.—Piedra del Llamp.
- 5.—Península de Cabo Norfeo.

#### 1.—Alrededores de Puerto de la Selva.

Entrando en el pueblo, por la carretera de Cadaqués, intercalados entre la pizarra, encontramos unas fajas marmóreas, cuyo espesor no hemos visto pase de los 30 cm.

#### 2.—Puig del Aliga.

Al O. del pico, por la cota 416, aparecen una bandas calizas interestratificadas con las pizarras metamórficas. La potencia observada para estas bandas no pasa de algunos centímetros, y parece que el paquete que las contiene alcanza los 100 m.

#### 3.—Ladera oriental del Valle de Montjoys.

A media ladera y al E. del caserío de Montjoys de Abajo, fueron explotadas unas bancadas de mármoles, cuya potencia no hemos podido determinar, pero que sobrepasa los 10 m. Son compactas y presentan un fajado en bandas gris-oscuro y blanco.

Desde el fondo de la Cala de Montjoys, sale un camino que va directamente a la cantera, a lo largo del cual se encuentran desbastados algunos bloques, que debieron embarcarse en la Cala.

#### 4.—*Piedra del Llamp.*

Se encuentra aquí la manifestación caliza más importante de toda la zona.

Directamente en contacto con los neis, aparecen grandes masas de mármol, de grano muy fino, sacaroideo, y de colores que varían del blanco puro al gris, habiendo zonas en que se presenta fajeado en blanco y gris, muy parecido al de Montjoys.

La parte más próxima al mar, en que hay abierta una gran cantera que corresponde a la zona más blanca, se encuentra triturada al extremo de que ha de ser muy difícil obtener bloques de regular tamaño. Parece que, fundamentalmente, dedicaban estas canteras a la obtención de polvo de mármol, pues hay una instalación desmantelada de molinos y montones de polvo que no llegó a cargarse.

#### 5.—*Península de Cabo Norfo.*

Se trata aquí de una serie potente que ocupa casi toda la península y que consiste en una alternancia, repetida infinidad de veces, de capas de carbonatos de colores claros o grises, interestratificadas con finos estratos de pizarras más o menos arenosas.

Todo está sumamente fracturado y superficialmente presenta la típica erosión de un país calizo, aunque con la modalidad a que le obligan las intercalaciones pizarrosas. Es de notar, que la existencia de esta serie, en que alternan los estratos de carbonatos con los de pizarras arenosas, nos habla de una disminución del fondo de sedimentación.

Otra serie análoga, que también atribuimos al Cambriano, ha sido estudiada por nosotros en la Hoja de Valdeverdeja (confines de Toledo y Cáceres). También allí, en una facies flysch, alternan capas arenosas con capas calcáreas, aunque en este caso muchas veces tuvo lugar la precipitación del carbonato al tiempo que se sedimentaban las arenas y, además, han experimentado un metamorfismo mucho más intenso.

A pesar de la inconexión con que acabamos de citar los lugares donde hemos observado la formación calcárea, y que indudablemente responde a una falta de continuidad, existe una relación entre esos diversos afloramientos, perceptible en la cartografía geológica. Todos ellos se agrupan según una línea que sigue la dirección NO.-SE. y es de presumir un sincronismo en la deposición.

Veamos ahora los criterios seguidos por algunos autores, para datar sedimentos análogos a los estudiados por nosotros:

Pierre Cavet, en su trabajo sobre la zona axial de los Pirineos Orientales franceses, nos habla de un potente complejo sedimentario, pre-carado-ciense, azoico y fundamentalmente esquistoso, que se compone de dos series superpuestas, cuyo conjunto sitúa en el Paleozoico inferior.

Estas series, llamadas por el autor de «Cannaveilles» y de «Jujols», respectivamente, a la más antigua, que se apoya directamente sobre una formación de neis glandulares y a la siguiente, son estudiadas en diversos puntos. A continuación vamos a resumir las características más interesantes, a fin de poder establecer una comparación con las estudiadas por nosotros.

En los alrededores de Olette, en Conflent, parte central de la zona estudiada por Cavet, la serie de Cannaveilles, en su facies esquistosa, está formada principalmente por filadios sericiticos, finamente estratificados, que a veces se transforman en otros de facies grafitosa, pasando de los tonos oscuros y mates que no tiznan los dedos, a otros francamente grafiticos untuosos, donde son frecuentes las eflorescencias propias de las pizarras aluminíferas. Nunca son extensas estas manifestaciones de filadios carbonosos, ni sus contornos se presentan con una nitidez suficiente como para poder realizar una cartografía precisa.

En su facies calcárea, se presenta en forma de intercalaciones diversas entre los esquistos: unos tienen forma de lentejones irregulares más o menos grandes (entre Nyers y Taurinya); otros son delgadas capas que alternan con otras de esquistos y calco-esquistos, en todo análogas a las que nosotros encontramos en la Hoja de Valdeverdeja, que también atribuimos a un Cambriano bajo; y otras, las más características, son unas bandas más o menos continuas, cuya potencia raras veces excede a diez metros, y que pueden en ocasiones, seguirse en corridas de hasta 2 km.

Estas bandas calizas son las que Jacquot describe con el nombre de «dalle». Son grises o blancas, con frecuencia dolomíticas, y a veces presentan un fajeado alternativamente claro y oscuro paralelo a la estratificación.

También cita algunas bancadas de calizas ampelíticas en la vecindad de filadios grafitosos, cuya potencia no suele llegar a un metro.

Estas calizas son atribuidas al Devoniano en la Hoja de Prades, donde también se exagera su potencia. Según Cavet, ningún argumento confirma esta edad.

Atribuye a la serie completa una potencia total de unos 2.000 mts.

La serie de Jujols, consiste fundamentalmente en esquistos, arcillosos grises y arenosos zonados, que deben su aspecto particular a su textura en

capas paralelas, alternativamente claras y oscuras. Tanto los esquistos arcillosos grises como los arenosos zonados se observan en toda la serie.

En la parte superior, son muy frecuentes unos esquistos de fractura prismática que rompen en fragmentos alargados (pizarrines).

También se encuentran intercalaciones numerosas, de 10 a 50 cm. de espesor de areniscas o cuarcitas.

Las areniscas, suelen ser grises amarillentas, y las cuarcitas (mucho más frecuentes, y de grano muy fino), de grises a rosadas, presentándose en gruesos paquetes de capas de algunos centímetros.

La potencia calculada es también de unos 2.000 mts.

En cuanto a la edad de estas formaciones antecaradocienses del Conflent, el hecho de no haber encontrado fósil alguno, hace que nos movamos en un terreno donde sólo cabe la hipótesis.

Señala Cavet, que el metamorfismo que afecta a la serie de Cannaveilles explica su carácter azoico. No excluye la posibilidad de hallazgos paleontológicos en la de Jujols, aunque hasta el momento tampoco hubo ninguno.

Es la comparación de facies con regiones fosilíferas vecinas el criterio que adopta, encontrando semejanzas en la potencia, características sedimentarias y continuidad de los estratos, así como en el sustrato cristalino. Estas semejanzas son notables con el Paleozoico inferior de la Montagne Noire, aunque señala que la sedimentación del Cambriano inferior (serie de Cannaveilles), se produjo en zonas más alejadas del litoral por la naturaleza menos detrítica de los sedimentos.

También coincide la potencia que asigna Cavet al Paleozoico inferior del Conflent, con la que B. Géze atribuye al de la Montagne Noire: 2.500 metros al Cambriano y 1.500 al Ordoviciense.

Señala asimismo Cavet, que está en total desacuerdo con L. Bertrand y Mengel, pues dice: «en la proximidad inmediata de los neis del Conflent, ni existe el Devoniano ni el Gotlandés, ya que los cipolinos y los esquistos carburados que les refieren, pertenecen realmente a un horizonte mucho más antiguo y verosimilmente al Cambriano».

En el conjunto del territorio estudiado por Cavet, describe otros afloramientos de estas dos series, en todos los cuales, y salvo particularidades de carácter local, conservan sus principales características.

En la región esquistosa de Urbanya se encuentra dificultad en la separación de ambas series (Cannaveilles y Jujols).

Entre Taurinya y Rigarda aparece la serie de Cannaveilles en una gran extensión.

La de Cannaveilles y la de Jujols en el Bas y Aut-Vallespir, en el Macizo del Puigmal, región esquistosa del Carlit, etc.

En resumen, el Paleozoico inferior, aflora en grandes áreas, rodeando

los macizos neisicos de los Pirineos orientales, estando constituido en su base por la serie de Cannaveilles, afectada en diversos grados por el metamorfismo regional y apoyándose directamente sobre un macizo neisico.

En esta serie son características las intercalaciones calcáreas más o menos dolomíticas y los esquistos grafitosos. Estos últimos, según Cavet, han sido atribuidos equivocadamente al Gotlandés y, también equivocadamente, se les ha cartografiado en las Hojas de Prades y de L'Hospitalet, con una extensión y una continuidad que no tienen, ya que son simples tránsitos, eminentemente irregulares, que aparecen sobre otras formaciones esquistosas. Estas mismas características han sido observadas por nosotros en las Hojas de Agullana, Port Bou y Rosas.

Las intercalaciones calcáreo-dolomíticas presentan facies diversas, mármoles grises, blancos y rosados, cipolinos, paquetes de alternancias sílico-calcáreas, calco esquistos, etc., que fueron atribuidos por Bertrand y Mengel al Devoniano, y que, por el contrario, pertenecen a la serie de Cannaveilles.

Repetimos que un Cambriano de facies muy semejantes en sus materiales esquistosos y calcáreo-dolomíticos-silíceos, ha sido estudiado por nosotros en la Hoja de Valverdeja en los confines de Toledo-Cáceres.

El hecho de mediar entre ambas zonas casi 1.000 km. hace pensar en la homogeneidad de la sedimentación cámbrica en el ámbito peninsular.

La serie de Jujols, que se apoya directamente sobre la de Cannaveilles, está poco afectada por el metamorfismo y es una monótona sucesión de esquistos con numerosas intercalaciones de areniscas y cuarcitas, en la que faltan los episodios calcáreos y los esquistos francamente grafitosos, aunque en la parte más alta de esta serie, en Les Aspres, se han encontrado delgadas intercalaciones calcáreas (calizas de Coubris).

Al comparar estas series descritas por Cavet con las estudiadas por nosotros, encontramos:

- a) Que tienen un mismo sustrato cristalino de neis.
- b) Que coinciden en la naturaleza de los sedimentos de las facies esquistosas y en su fina estratificación.
- c) Que también coinciden en las esporádicas apariciones de esquistos grafitosos, completamente irregulares en extensión, localización y forma. (Punta Favarca. Más de los Arboles, Puig de Pamí, etc.).
- d) Que encontramos la misma variedad en la facies calcáreo-dolomítica. En ambas se presentan análogas especies marmóreas, con la misma falta de continuidad (valle de Montjoys, Piedra del Llamp); análogas alternancias esquisto-sílico-calcáreas (Puig del Aigle, Península de Cabo Norfeo).

No podemos establecer relaciones entre las potencias, por encontrarse las series en nuestra zona sumamente plegadas y desmanteladas, por hallarse neisificados en grandes extensiones y porque esta transformación me-

tamórfica sucede de modo irregular, sin que coincida generalmente con la estratificación el frente metamórfico.

Creemos pues, que existen analogías suficientes como para homologar nuestras series con las de Cannaveilles, es decir, atribuirles edad cambriana.

Es también probable que la serie de Jujols esté representada en sus episodios más profundos. M. Dalloni en su «Étude Géologique des Pyrénées Catalanes», considera ordoviciense la banda de esquistos y cuarcitas que se encuentra al subir desde Selva de Mar a San Pedro de Roda. Nosotros no hemos encontrado posible la separación de una y otra serie, pero dada la monotonía de facies que se ha observado entre el Cambriano y el Siluriano inferior, y considerando los grandes trastornos tectónicos de la zona, es posible que tal separación no sea observable aunque exista.

Ya no estamos de acuerdo con Dalloni, cuando, también cerca de San Pedro de Roda, considera del Gotlandés unos esquistos carburados, que para nosotros no son sino uno de esos enclaves esporádicos de esquistos grafitosos que aparecen en la serie de Cannaveilles.

Donde la serie de Jujols parece estar bien representada es en la Hoja de Agullana, cuyo estudio tenemos bastante adelantado.

#### EL COMPLEJO CRISTALINO

Incluiremos aquí, tanto las rocas típicamente cristalinas, como las que han experimentado un metamorfismo de alto grado.

Nuestra labor va a ser fundamentalmente descriptiva. Al final, estudiamos algunas preparaciones en láminas degadas.

#### *Rocas metamórficas*

Todas estas rocas se agrupan fundamentalmente en dos zonas:

a) En la banda de dirección NO.-SE. que comenzando entre Palau Sabardera y el ángulo NO. de la Hoja, continúa por la Sierra de Roda y el Serrat de la Torre del Sastre, terminando en el mar entre Rosas y la Cala Montjoys.

b) En el área situada al N. de una línea imaginaria que va desde la cala de Cap d'en Roig a Puerto de la Selva.

En la zona primera predominan las rocas graníticas, en su mayor parte cataclásticas.

Considerando la proporción en que figuran el cuarzo y las plagioclasas, podríamos clasificarlas como granodioritas.

El tamaño de grano varía entre el grueso más o menos porfídico y el fino.

El estado es más bien de descomposición, aunque existan pequeñas zonas en que presenten la compactidad suficiente como para ser utilizadas en cantería.

Las acciones dinámicas simplemente, parecen haber dado lugar, por una disposición paralela de los elementos de la roca, a la formación de ortoneis, tales como los que aparecen al E. y SE. de Palau Sabardera, que claramente pueden observarse en el camino que va al Más Isers. En general están descompuestos, pero a veces se presentan compactos y sanos. Unos 300 metros a la salida de Palau Sabardera por el camino antedicho, se atraviesa una zona de neis sanos de color verdoso.

Estos neis conservan, dentro de la neta estructura paralela, un grano en todo igual al de la roca granítica de que proceden.

Al microscopio, aparte del carácter general y común de la cataclasis, se observa una composición análoga en las granodioritas de grano grueso y en las de grano fino, en lo que se refiere a los elementos fundamentales. Se aprecian algunas diferencias en los minerales accesorios, como, por ejemplo, que en los de grano fino apenas hemos encontrado esfena.

En otras zonas, la roca ha experimentado una trituración tan intensa que a simple vista no se ven granos de cuarzo ni de feldespato, sino una pasta que pudiera hacernos tomar la roca por un pórfido alterado. No obstante, en preparación transparente vemos que se trata de una roca granítica, en que todos los elementos tienen estructura cataclástica y muy especialmente el cuarzo. (NO. de la Ermita de San Onofre; Serrat de la Torre del Sastre.)

Hemos encontrado otras rocas que pudieran tomarse por sedimentarias metamórficas por su aspecto pizarroso; son de colores grises, y en los planos de disyunción presentan un brillo sedoso. Entre otros puntos, en la subida al pico de Roda desde Palau Sabardera y en los confines occidentales de la Hoja, al N. del mismo pueblo. No obstante, al microscopio presenta la composición de una diorita, aunque con los granos sumamente triturados. Creemos que se trata de dioritas tectonizadas. Pudiéramos considerarlas como arcosas de trituración. Otras análogas son descritas por M. San Miguel de la Cámara en el castillo de Quermensó.

Más al Sur, en la zona de Rosas, aparece otro tipo de neis. Son rocas compactas y duras, con bandas muy finas claras y oscuras. No tienen mica. De grano muy fino, presentan amígdalas de diversos tamaños, que nos permiten considerar a estos neis como glandulares.

Al microscopio presentan sus elementos la misma orientación que apreciamos a simple vista. Las bandas oscuras son debidas a una mayor abundancia de epidota. Son minerales fundamentales, cuarzo, plagioclasas y microclino. La epidota es un accesorio característico.

Hemos recorrido detenidamente el contorno y hemos apreciado un trán-

sito insensible entre estos neís y las pizarras cámbricas. Estos hechos, unidos a ciertos minerales accesorios del neís, y a la existencia de epidota, nos permiten atribuir a esta roca un origen metamórfico, partiendo de sedimentos arcillosos, con cierta abundancia de minerales cálcicos.

Por su compacidad y dureza, se explotan estos neís en unas canteras próximas al puerto de Rosas.

En toda la zona de Rosas al Más de la Torre del Sastre, alternan constantemente neís glandulares y esquistos, al extremo de ser casi imposible delimitar los unos de los otros.

Más al SE. volvemos a encontrar granodioritas, de colores grises y con una gran abundancia de biotita.

El grano es grueso y están muy descompuestas, presentando una erosión típica en huecos, según puede verse en la foto núm. 2.

Las plagioclasas están extensamente sausrinizadas y la ortosa transformada en microclino.

Al NO. de Selva de Mar y casi en el borde de la Hoja, hemos encontrado entre las pizarras cámbricas, unas pequeñas manchas de una roca pizarrosa, blanca, compacta y de grano fino, totalmente distinta en aspecto y composición a las pizarras circundantes. Son abundantísimas las plagioclasas y el microclino. El cuarzo aparece recristalizado. En los planos de pizarrosidad es muy abundante la moscovita.

Otras rocas análogas son objeto de explotación minera en la próxima Hoja de Agullana, vendiéndose como feldespatos.

Es evidente la falta de relación en cuanto a procedencia, entre estas rocas y las pizarras contiguas. Consideramos que se trata de una intrusión aplítico-pegmatítica, en la que un metamorfismo dinámico ha dado lugar a la pizarrosidad que observamos.

Al NO. de la Hoja, en la Sierra de Roda, pueden verse filoncillos de poca potencia, en las masas de dioritas o de neís. Al microscopio presentan una estructura cataclástica que afecta, sobre todo, al cuarzo y a la ortosa, que en gran parte se han transformado en microclino. Sin embargo, la cataclasis parece mucho menos intensa que en los neís y dioritas de caja, lo que da a entender, que estos pequeños diques son posteriores a ciertos períodos orogénicos de gran intensidad.

Son mucho más importantes los filones de cuarzo, cuya dirección predominante NO-SE. coinciden con la de los ejes de plegamiento hercínicos. Entre los más importantes, figuran:

El situado a la izquierda del camino de Palau Sabardera al Más Iser, a unos 1.500 metros del pueblo. Tiene una potencia de 10 a 15 metros y se ha excavado en una longitud de unos 150. Es muy blanco y mientras a veces está muy triturado, otras sale en grandes y compactos bloques. Pare-

ce alojarse en un contacto de neís y micacitas. Sigue un rumbo aproximado de N. 30° O., buzando casi 90°.

Unos 1.500 metros al N.-N.E. de Rosas afloran dos filones de cuarzo paralelos que arman en pizarras, de rumbo aproximado N. 35° O. y de una potencia que oscila entre los 3 y 4 metros. A veces llevan pizarras englobadas.

Siguiendo la misma dirección, encontramos otro gran filón de cuarzo, que forma las crestas del Serrat de la Torre del Sastre y que aflora a lo largo de casi tres kilómetros, con potencias que oscilan entre los 10 y los 15 metros.

Es blanco y al microscopio presenta una recristalización cataclástica. A veces está teñido por óxido de hierro.

Otros filones de cuarzo, fuera de esta banda, aparecen:

Al N. de Punta Farrera, con potencia de 1 metro y rumbo aproximado NO.-SE.

En la Península de Cabo Norfeo, que está recorrido en un kilómetro por otro filón de hasta 4 metros de potencia.

El Más d'en Cansa, donde aparecen dos afloramientos filonianos de cuarzo, con rumbo no determinado.

Unos 800 metros al SO. del Puig de Paní, y con rumbo aproximado Norte, 80° O., otros dos filones de cuarzo paralelos con potencias de hasta 4 metros y 8 metros respectivamente.

Quizá es continuación de éstos, el que pasando por Pla del Cubillo, forma más al SE. las crestas del Serrat de la Sala, con potencias 15 metros y con frecuentes inclusiones de pizarras en su masa.

Es probable que tanto este último, como el del Serrat de la Torre del Sastre, estén relacionados con otros dos sistemas de fractura, que no hemos señalado en el mapa por no presentarse con la claridad de otros.

Toda la zona segunda es muy interesante, por haber experimentado no sólo un metamorfismo dinámico, efecto de una tectónica violenta, sino también termal, que ha dado lugar a los innumerables filones y lentejones aplítico-pegmatíticos que afloran por doquier, y cuya enumeración y descripción sería interminable.

Las pizarras y micropliegues en todas las rocas son frecuentísimas y la variedad mineral grande.

También aquí hay predominio de granodioritas y neís, pudiendo distinguir entre éstos, los que proceden de la ordenación mecánica de los elementos en las dioritas —ortoneís dioríticos— y los que acusan claramente una procedencia sedimentaria. Es en los últimos donde encontramos una característica que les diferencia de la zona primera. Así como en los del área de Rosas, era abundante la epidota, en estos abunda mucho la cordierita, estando también presente, aunque en proporción menor, la silimanita. Se



trata, pues, de neis cordierítico-silimaníticos, formados a expensas de sedimentos aluminosos.

Con cierta frecuencia aparecen sulfuros metálicos, visibles sólo al microscopio, que, por su forma y brillo, nos parecen pirita.

En los cristales de cordierita, podemos ver numerosas inclusiones, siendo de reseñar las grafiticas. Un testimonio más en pro del origen sedimentario de la roca.

En alguna preparación hemos encontrado pequeñas fisuras rellenas de carbonato cálcico.

En general, todas las estructuras son más o menos cataclásticas. Pero, repetimos, lo más característico de esta segunda zona, son los numerosísimos filones y lentejones apítico-pegmatíticos, que constantemente aparecen en ella y que determinan la topografía en muchas ocasiones. Algunos islotes están formados por estos filones, que, más resistentes a la erosión marina, sobreviven a los esquistos metamórficos de la caja, ya desmantelados. Es fácil acusar estos hechos, pues tanto los islotes y salientes en la costa, como en tierra, gran número de puntos culminantes destacan por su blancura, sobre los tonos oscuros del conjunto metamórfico.

En general, la orientación de estos filones coincide con la de los ejes de plegamiento, es decir, NO.-SE. aproximada. Pero no siempre, pues al N.-N.E. del Más Rabases de Abajo, por el de la Birba y al mismo borde de la Hoja, la dirección predominante es E.-O.

Tanto los unos como los otros están relacionados con sistemas de fracturas.

Entre los filones más importantes se destacan:

Dos grandes filones pegmatíticos, que siguen la estratificación de las pizarras, a la izquierda de la senda a Cabo de Creus, a 6°. 58', 40" longitud.

Están totalmente milonitizados, y sus componentes fundamentales son cuarzo, plagioclasas y moscovita. Tienen varios metros de potencia y algunos centenares de corrida visible.

Un filón de pegmatitas en la misma costa, a 6°, 59', 45". Tiene grandes láminas de mica blanca —por la que se explotó hace varios años, sacándose unas 10 toneladas— y turmalina (chorlo) en abundancia. La potencia varía entre 0,5 y 1,5 metros.

Bajo el faro de Cabo de Creus, varios filones de pegmatitas, con grandes cristales de turmalina negra. Pegmatitas gráficas. Grandes láminas de biotita, y a veces mixtas de biotita y moscovita.

Al N. del faro, el filón de La Clavagera, de 2 a 3 metros de potencia. Pegmatitas gráficas. Grandes láminas de mica negra, blanca y mixtas. Grandes y bien formados cristales de turmalina. Otros filones con granates.

Las masas pegmatíticas aparecen claramente como secreciones, que unas veces están interestratificadas con los esquistos y otras han penetrado por

los planos de diaclasamiento, presentándose en delgados mantos (foto 5), (alrededores del faro).

En ocasiones estas masas son de gran volumen (margen occidental de Cala Culip, etc.).

Casi al borde de la Hoja, al NE. del Más de la Birba, filones de pegmatitas con granates.

En el Más de la Birba, un gran filón de cuarzo blanco y compacto con grandes turmalinas, de 4 a 5 metros de potencia, etc., etc.

Otras rocas:

Abundan en el núcleo cámbrico, los esquistos biotíticos, más o menos cuarcíferos, con plagioclasas, granates, circón, epidota, etc. (San Pedro de Roda).

Las filitas piritíferas, a veces nodulosas, de colores grises oscuros y con los planos de pizarrosidad satinados (Puig Alt., Puig de Paní, etc.).

Las pizarras feldespáticas, compactas, de colores claros y disyunción en losas, en zonas próximas a los neis o metidas en ellos.

Las micacitas andalucíticas de dos micas y colores oscuros de Cabo Creus.

Arcosas con carbonatos y cemento clorítico sericítico, junto al Puerto de de la Selva.

Junto a Palau Sabardera hemos visto una roca compacta oscura, que por su abundancia en hornablenda, así como por el conjunto de su composición, hemos clasificado como una anfibolita de origen sedimentario.

#### ESTUDIO PETROGRÁFICO DE ALGUNAS ROCAS

##### Muestra 57

(Junto al muelle de Rosas.)

*Neis de epidota:*

*Aspecto macroscópico:* Roca muy compacta y dura, de grano fino. Bandas estrechas, grises y blancas.

*Disyunción:* irregular. Se explota en cantera.

*Al microscopio* se observa claramente la estructura néisica, abundando las glándulas de microclino rodeadas por cristales de epidota, clorita, sericita y cuarzo.

Son fundamentales al microscopio, la epidota y el cuarzo. Las bandas oscuras son concentraciones de epidota.

En menor proporción figuran plagioclasas, clorita, biotita y sericita, y también circones, granos de esfena y algunos (raros) de un mineral biáxico, siempre rodeado de epidota, que pudiera ser otra epidota de cerio o allanita.

Consideramos esta roca procedente del metamorfismo, de sedimentos con una considerable proporción de calcio.

Microfotografías V y VI.

*Muestra Cabo de Creus A.*

*Neis cordierítico-silimanítico:*

*Aspecto macroscópico:* Roca gris micácea, áspera al tacto, compacta. Disyunción irregular o en losas.

*Al microscopio,* estructura claramente néisica afectando la orientación a todos los elementos.

Minerales fundamentales: cuarzo, cordierita, moscovita y biotita.

En menor proporción: plagioclasas, ortosa, apatito, clorita, sericita, silimanita, grafito, rutilo, algún circón, sulfuros metálicos, al parecer piritita.

La cordierita, normalmente rodeada de moscovita muy abundante, presenta inclusiones de cuarzo, apatito, rutilo, moscovita, grafito y sulfuros. Son frecuentes en ella alteraciones en clorita y sericita, que en conjunto tienen un color pardo-verdoso.

La silimanita es escasa: se ven algunos núcleos fibrosos, rodeados de moscovita. También la hemos observado incluida en cuarzo.

Los sedimentos que por metamorfismo originaron esta roca, tuvieron que ser aluminosos y magnesianos, con cuarzo abundante.

Microfotografía I.

*Muestra núm. 3*

(2 Km. al E. del Faro de Rosas.)

*Granodiorita:*

*Aspecto macroscópico:* Roca granítica, gris, compacta, grano medio. Fractura: irregular.

*Al microscopio,* estructura granuda, cataclástica. Minerales fundamentales: cuarzo, plagioclasas cálcicas, biotita, epidota y microclino.

En menor proporción: turmalina, esfena, circón y ortosa. Raros, rutilo, epidota de cerio (?) o alanita y apatito.

La gran abundancia de epidota parece proceder de la alteración de las plagioclasas cálcicas.

El rutilo acicular, se presenta incluido en la mica.

Los escasos granos de alanita (?) son pleocroicos, de color pardo oscuro y de gran relieve.

El apatito se presenta en granos, o incluido en biotita, en forma de largos y transparentes cristales.

Microfotografía II.

*Muestra núm. 86*

(1.500 m. al S.-SE. de Palau Sabardera.)

*Roca granítica milonitizada:*

Estructura cataclástica visible en todos los elementos. Cuarzo con extinción ondulada, plagioclasas cálcicas saururizadas, microclino, micas dobladas y rotas, micas cloritizadas.

*Muestra 61*

(Senda de Cadaqués a Cabo de Creus, a unos 2.000 metros del faro.)

*Roca filoniana milonitizada (Pegmatita).*

*Aspecto macroscópico:* Roca compacta, clara, granuda, en la que se advierte la trituración a simple vista. Grandes láminas de mica.

*Al microscopio* es muy clara la milonitización, que afecta a todo, cuarzo, mica y feldespatos.

En las grietas aparece sericita.

El cemento es cuarzo recristalizado con algo de sericita intergranular.

*Muestra Cabo de Creus. 4*

*Pegmatita gráfica:*

*Aspecto macroscópico:* Roca compacta, dura, blanca, con el típico aspecto de las pegmatitas gráficas.

*Al microscopio,* toda la preparación es un gran cristal de microclino con inclusiones de cuarzo.

*Muestra C 61*

(Senda de Cadaqués a Cabo de Creus, a unos 2.200 metros del faro.)

*Esquisto de anfíbol y epidota*

*Aspecto macroscópico:* roca gris oscura, moteada, compacta y de grano fino.

*Al microscopio,* presenta un conjunto de cuarzo, plagioclasas, y epidota (zoisita), bastante homogéneo y de granos menudos, sobre el que destacan bellos cristales rameados de anfíbol (hornblenda).

En menor proporción, granates, esfena, apatito. Hay también carbonatos de aportación posterior, intergranulares y alojados en pequeñas fisuras.

Microfotografía III.

#### Muestra San Pedro (a)

##### Micacita

*Aspecto macroscópico:* roca micácea de color gris oscuro, compacta. Láminas de mica especialmente abundantes en los planos de estratificación.

*Al microscopio,* conjunto de cristales de moscovita en textura lepidoblástica, teñidos por óxidos de hierro. Granos de cuarzo anguloso. Óxidos de hierro intersticiales.

Se ven también cristales de esfena, circón y turmalina. Se trata de una roca metamórfica procedente de sedimentos arcillosos.

Microfotografía IV.

##### Preparaciones

#### Muestra 23

(700 metros al Sur de la Torre del Sastre). Pizarra carbonosa.

*Aspecto macroscópico:* Roca compacta, negra, disyunción irregular y en losas. Eflorescente.

*Al microscopio,* abundante materia carbonosa, finalmente diseminada en una matriz de cuarzo y sericita. Abundan los sulfuros metálicos dispersos, visibles con luz reflejada. Por el color parecen pirita. La materia carbonosa presenta concentraciones en bandas paralelas a la pizarrosidad.

#### Muestra 38

(400 metros al NO. del Más Salas). Pizarra silicea.

*Aspecto macroscópico:* Roca compacta, gris clara, áspera al tacto y de grano fino, que se presenta en bandas estrechas.

*Al microscopio,* conjunto de granos angulosos de cuarzo, entre los que se ven algunos de plagioclasas y circones, con sericita intersticial y carbonatos de aportación posterior, que rellenan fisuras y pequeños huecos y cementan sólidamente la roca.

Procede de sedimentos arenosos con cierta proporción de arcilla, afectados por un metamorfismo de poca intensidad, por los que posteriormente se han infiltrado soluciones de carbonatos.

#### Muestra 55

(Carretera a Puerto de la Selva, cerca del km. 1).

*Pizarra sericitica*

*Aspecto macroscópico:* Roca compacta, gris oscura en las fracturas frescas y blanquecina en las partes expuestas al aire. Grano fino y suave al tacto. Disyunción irregular, y según las diaclasas.

*Al microscopio* presenta sericita y clorita muy abundantes, granos angulosos de cuarzo y, en menor proporción, otros de plagioclasas. Hay veñillas o lentejones muy pequeños de cuarzo. Abundan los sulfuros metálicos dispersos, que por su forma y color consideramos pirita, así como concentraciones de materia carbonosa en los planos de estratificación.

Suponemos esta roca procedente de sedimentos arcillosos con materia orgánica, que han experimentado un metamorfismo dinámico de grado medio.

#### Muestra 19

(1.000 m. al N.-NO. de Montjoys de Arriba). Pizarra carbonosa.

*Aspecto macroscópico:* Roca gris, casi negra, que tizna al tacto.

*Al microscopio,* sobre una matriz de cuarzo-sericita, abundante materia carbonosa alojada en fisuras o en los planos de estratificación.

Granos de plagioclasas y turmalina y láminas de moscovita dispersos. Algunas agrupaciones irregulares de leucoxeno.

Algunos sulfuros metálicos, que por su color, con luz reflejada y por su forma, parecen pirita.

#### Muestra 30

(Península de Cabo Norfeo). Mármol.

*Aspecto macroscópico:* roca blanca, compacta y cristalina. Disyunción irregular.

*Al microscopio,* carbonatos de grano muy fino, sobre cuya masa, se observan algunos cristales de cuarzo y sericita intersticial.

#### BIBLIOGRAFÍA EN ORDEN CRONOLÓGICO

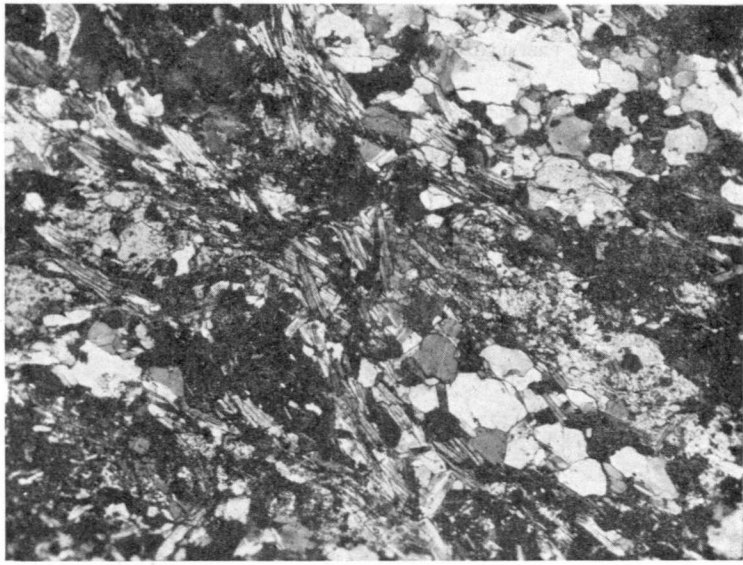
- DUFRENOY (A.). 1833. *Sur la nature et la position géologique des marbres désignés dans les Pyrénées sous le nom de calcaires amygdalins.* «Ann. des Mines», t. III.
- ROUSSEL (S.). 1839. *Etude Stratigraphique des Pyrénées.* «Fac. des Sciences de Lille», Paris.

- PAULLETTE (A.), 1840. *Etude sur le Terrain de transition des Pyrénées-Orientales*. (Album roussillonais). Perpignan.
- 1841. *Note pour servir à l'histoire de l'Art des Mines dans le département des Pyrénées-Orientales*. «Bull. Soc. philomathique de Perpignan», t. V.
- DUROCHER (J.). 1844. *Essai pour servir à la Classification du Terrain de transition dans les Pyrénées et observations diverses sur cette chaîne de montagnes*. «Ann. des Mines» (4), tome VI.
- EZQUERRA DEL BAYO (J.). 1850-56. *Ensayo de una descripción general de la estructura geológica del terreno en España*. «Rev. Acad. de Ciencias de Madrid», t. I.
- NOGUES (A. F.). 1861. *Notice sur les Pyrénées de l'arrondissement de Cèret*. «Histoire Natural du département des Pyrénées-Orientales», t. I.
- — 1862. *Des sédiments inférieurs et des terrains cristallins des Pyrénées-Orientales*. «C. R. Ac. Sc.», t. LV.
- MESTRE (A.). 1863. *Mapa Geológico de España y Portugal a la escala 1:2.000.000*.
- NOGUES (A. F.). 1863. *Note sur les sédiments inférieurs et le Cristallin dans les Pyrénées-Orientales*. «B. E. G. F.» (2), t. XX.
- GARRIGOU (F.). 1867. *Etude du terrain stratifié dit «Laurentien» sous «Antésibariens» dans l'Ariège et les autres parties des Pyrénées*. «B. S. G. F.» (2), t. XXV, pp. 97-119, 136-140.
- NOGUES (A. F.). 1879. *Présentation d'une carte géologique des Pyrénées-Orientales*. 7.<sup>o</sup> Congr. A. F. A. S., pp. 547-552.
- CSYZKOWSKI (S.). 1879. *Exploration géologique de la région ferrifère du Canigou (Pyrénées-Orientales), avec carte géologique du district de Prades*. Nès.
- MAGNAN (H.). 1874. *Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Cordières*. «Mem. de la Sc. Geol.» de France, 2 série, t. X, Paris.
- DEPÈRET (CH.). 1886. *Sur le Système Devonien de la chaîne orientale des Pyrénées*. «C. R. Ac. Sc.», t. CIV, pp. 1033-1036.
- VIDAL (L. M.). 1886. *Reseña Geológica y minera de la provincia de Gerona*. «Bol. Com. del Mapa Geol. de España», t. XIII, p. 209.
- DEPÈRET (CH.). 1887. *Analogies de la Corse et des Pyrénées-Orientales*. «C. R. Ac. Sc.», t. CV, pp. 318-321.
- JACQUOT (E.). 1887. *Sur la constitution géologique des Pyrénées le système Cambrien*. «C. R. Ac. Sc.», t. CIV, pp. 1318-1321.
- — 1890. *Note sur la constitution géologique des Pyrénées: le système Cambrien*. «B. S. G. F.», t. XVIII.
- ROUSSEL (J.). 1892. *Sur la composition des terrains primaires dans les Pyrénées*. «Ann. Soc. géol. du Nord», t. XX.
- MALLADA (L.). 1895. *Explicación del Mapa geológico de España*, t. I.
- — 1896. *Explicación del Mapa geológico de España*, t. II y III.
- ROUSSE (J.). 1898. *Feuille de Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», tome IX.
- LACROIX (A.). *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact: les contacts de la Haute-Ariège, de l'Arie, des Pyrénées-Orientales et des Hautes-Pyrénées*. «Bull. Serv. géol. Fr.», t. XI.
- ROUSSEL (J.). 1901. *Feuilles de Saint-Gaudens et Cèret au 80.000*. «Bull. Serv. géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XII, núm. 80.
- BERTRAND (L.): *Carte géologique au millionième (partie orientale des Pyrénées): feuilles de Cèret, Prades, Quillan, L'Hospitalet, Foix et Bagnères-de-Luchon au 80.000*. «Bull. Service Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XIII, núm. 91.
- CAREZ (L.). 1903. *La Géologie des Pyrénées Françaises*. «Mém. Serv. Carte géol. Fr.», fasc. 1.

- BERTRAND (L.). 1904. *Carte au millionième (partie orientale des Pyrénées), et feuille de Bagnères-de-Luchon au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XV, núm. 98.
- FONT Y SAGRÉ. 1904. *Cours de géologie aplicada a Catalunya*. Barcelona.
- BERTRAND (L.). 1905. *Feuilles de Quillan (terrains primaires du S. de la feuille) et de Prades*. «Bull. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XVI, núm. 105.
- MENGEL (O.). 1905. *Feuille de Prades au 80.000*. «Bull. Ser. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», núm. 105.
- — 1905. *Feuille de Prades et Cèret au 80.000*. «Bull. Ser. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XVI, núm. 110.
- DEPÈRET (CH.) 1905. *Aperçu sommaire sur la géologie du massif du Canigou*. «Bull. Soc. agr. sc. et litt.», P. O., t. XLVI.
- MENGEL (O.) 1906. *Feuille de Prades et Cèret au 80.000. (massif du Canigou)*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XVII, núm. 115.
- ROUSSEL (J.). 1906. *Feuilles de Foix, L'Hospitalet et Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XVIII, núm. 115.
- CAREZ (L.). 1906. *La Géologie des Pyrénées françaises*. «Mém. Serv. Carte géol. Fr.», fasc. IV.
- ROMET (A. DE). 1907. *Les Roches filoniennes paléozoïques non granitiques des Pyrénées*. «Bull. Soc. Fr. Minér.», t. XXX.
- MENGEL (O.). 1907. *Contribution à l'étude de l'Ordovicien supérieur des Pyrénées-Orientales*. «Bull. Soc. agr. sc. et litt.», P. O., t. XLVIII.
- BERTRAND (L.). 1907. *Contribution à l'histoire stratigraphique et tectonique des Pyrénées orientales et centrales*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», t. XVII, núm. 118.
- MENGEL (O.). 1908. *Feuilles de Prades et Cèret au 80.000. (Albères et Cerdagne)*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XVIII, núm. 119.
- DEPÈRET (CH.) et LOUTREL (G.). 1909. *Feuille de Cèret au 80.000*. «Bull. Serv. géol. Fr. C. R. Coll.», t. XIX, núm. 122.
- MENGEL (O.). 1909. *Feuille de Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XIX, núm. 122.
- CAREZ (L.): *La Géologie des Pyrénées françaises*. «Mém. Serv. Carte géol. Fr.», fasc. VI.
- MENGEL (O.). 1909. *Sur l'âge des calcaires primaires des Pyrénées-Orientales*. «C. R. Ac. Sc.», t. CXLVIII.
- — 1909. *Sur la tectonique du revers méridional du Canigou et du Puigmal*. «C. R. Ac. Sc.»,
- DEPÈRET (CH.) et LOUTREL (G.). 1910. *Feuille de Cèret au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr.», «C. R. Coll.», t. XX, núm. 126.
- MENGEL (O.): *Feuille de Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XX, núm. 126.
- DALLONI (M.). 1910. *Etude géologique des Pyrénées de l'Aragon*. «Ann. Fac. Sc. Marseille», tome XIX.
- BERTRAND (L.). 1911. *Feuilles de Bagnères-de-Luchon, Foix, L'Hospitalet et Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XXI, núm. 128.
- MENGEL (O.) 1911. *Feuille de Prades au 80.000 et région espagnole adjacente*. Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll., t. XXI, núm. 128.
- — 1911. *Feuille de Prades au 80.000 et région espagnole adjacente*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XXI, núm. 132.
- CAREZ (L.). 1912. *Résumé de la Géologie des Pyrénées françaises*. «Mém. Soc. géol. Fr.» (4), t. II, núm. 7.
- DEPÈRET (CH.) et LOUTREL (G.). 1913. *Feuille de Prades au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll. C. R. Coll.», t. XXII, núm. 133.
- MENGEL (O.). 1913. *Feuille de L'Hospitalet au 80.000*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr. C. R. Coll.», t. XXII, núm. 133.

- LONGCHAMBRON (M.). 1914. *Feuille de Prades au 80,000; les contacts granitiques de la bordure méridionale du massif granitique de Quérigut-Miññas*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr., C. R. Coll.», t. XXIII, núm. 136.
- MENDEL (O.). 1914. *Feuille de Prades au 80,000*. «Bull. Serv. Carte Fr., C. R. Coll.», tomo XXIII, núm. 136.a pp. 161-165.
- — 1921. *Le Canigou et la Maladetta, pôles de l'axe primitif des Pyrénées*. «C. R. Ac. Sc.», t. CLXXII, Math-Phys. Kl., t. III.
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.). 1925. *Estudios petrográficos del Alto Ampurdán (Gerona)*. «Mem. Ac. de C. de Barcelona», 19-3.
- BERTRAND (L.) et MENDEL (O.). 1925. *Feuille de Prades, núm. 257, de la Carte géologique détaillée de la France au 80,000 et notice explicative*.
- DALLON (M.). 1930. *Étude géologique des Pyrénées catalanes*. «Ann. Fac. Sc. Marseille», t. III, fasc. III.
- SHMIDT (H.). 1931. *Das Paläozoikum der Spanischer Pyrenäen*. «Abh. de Ges. de. Wiss zu Göttingen. Mth. Phys. Kl.», t. III.
- FAURA Y SANS (M.). 1931. *Síntesis estratigráfica de los terrenos primarios de Cataluña*. «Mem. Soc. Esp. de Hist. Natural».
- SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.). 1934. *La zona metamórfica de contacto del Cap Gros (Palamós)*. Treballs del M. de C. N. Barcelona.
- — 1934. *Las rocas eruptivas y metamórficas de la Costa Brava entre Canyet y Llafranc*. «Mem. Ac. C. de Barcelona».
- ASHAUER (H.). 1934. *Die Östliche Endigung der Pyrenäen*. «Abh. Gess. Wiss. Göttingen», «Bull. Soc. Agr., sc. et litt.», P.-O., t. LVIII.
- MENDEL (O.). 1934. *Publications de M. Octave Mendel, sur la partie orientale des Pyrénées*. «Bull. Soc. Agr., sc. et litt.», P.-O., t. LVIII.
- ASHAUER und TEICHMÜLLER. 1955. *Die variscische und alpidische Gebirgsbildung Kataloniens*. «Abh. Gess. Wiss. Götting. Math-Phys. Kl.», t. III.
- DURAND (J.). 1935. *Remarques sur quelques formations de calcaires anciens dans les Pyrénées*. C. R. Somm. S. G. F.
- SOLÉ SABARIS (L.). 1940. *Superficies de erosión en las cordilleras litorales de Cataluña*. «An. Univ. de Barcelona», p. 145.
- SAN PELAYO (P. H.). 1942. *Explicación del nuevo Mapa geológico de España*. «Mem. del Inst. Geol. y Minero de España», t. II. (El sistema siluriano).
- DURAND (J.). 1943. *Quelques observations sur la série primaire des Pyrénées*. «Bull. Serv. Carte géol. Fr., C. R. Coll.», t. XLIV, núm. 212.
- SAN PELAYO y LOPIS LLADÓ: *Las faunas paleozoicas y tectónica hercínica del macizo de Puig d'Al*. «Bol. Inst. Geol. y Minero de España», t. LIX.
- LLOPIS LLADÓ (N.). 1946. *Problemas tectónicos de la zona axial pirenaica*. «Bol. Inst. y Minero de España», t. LIX.
- FONTBOTÉ (J. M.). 1948. *Sobre la presencia de terrenos cámbricos en el valle de Ribas (Pirineos catalanes)*. «Estudios Geológicos», Madrid-Barcelona.
- — 1949. *Observations au sujet du métamorphisme dans le haut bassin du Ter (Pyrénées catalanes)*. «C. R. Somm. S. G. F.
- — 1952. *Sobre el estilo tectónico de la estructura hercínica en la cuenca alta del Ter*. «Mem. y Com. del Inst. Geol. Prov. de Barcelona», t. IX.
- — 1952. *Investigaciones geológicas sobre la zona axial del Pirineo Oriental (cuenca alta del Ter y S. de la Cerdaña)*. Tesis doctoral inédita.
- GUITARD (G.). 1953. *Observations sur les niveaux calcaires en relation avec les migmatites dans les Pyrénées-Orientales*. «C. R. Ac. Sc.», t. CCXXXVI.

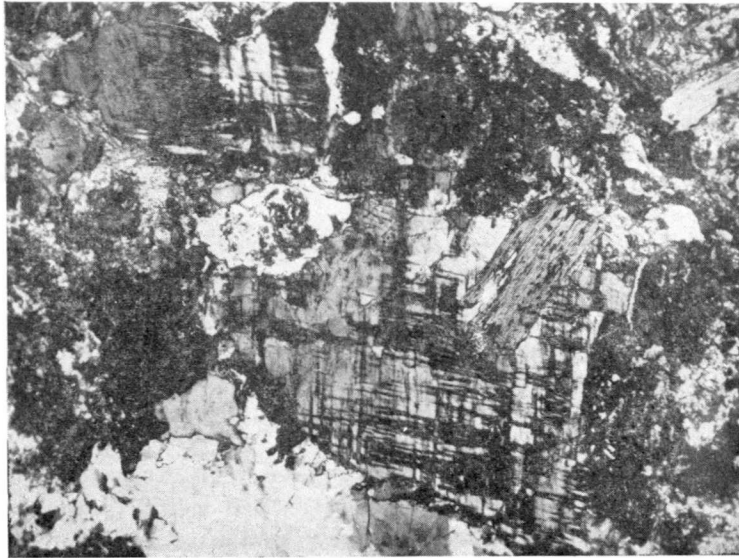
- — 1953. *Sur la présence d'amas gabbro-dioritiques en bordures des migmatites du versant SW. du Canigou (Pyrénées-Orientales)*. «B. S. G. F.», t. III.
- — 1953. *La structure du massif du Canigou. Aperçu sur le métamorphisme régional dans la Zone axiale des Pyrénées-Orientales (note préliminaire)*. «B. S. G. F.», t. III.
- — 1954. *Classification, position et âge des gîtes métallifères dans les Pyrénées-Orientales*. «C. R. Somm. S. G. F.»
- — 1955. *Sur l'évolution des gneiss des Pyrénées*. «B. S. G. F.», t. V.
- FONTBOTÉ (J. M.) y GARCÍA RODRIGO (B.). 1959. *Estudio geológico de la parte occidental de la Hoja de Agullana*. Inédito.



Microfot. I.

Preparación Cabo de Creus A1  $\times 25$ 

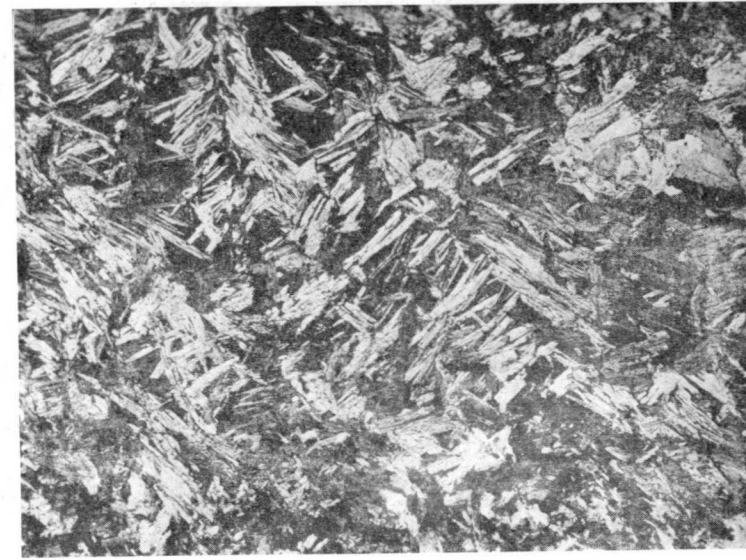
*Néis cordierítico-silimanítico.*—En el campo, núcleo de silimanita fibrosa, rodeado de cuarzo, biotita, moscovita, moscovita cloritizada, ortosa, sericita. Cordierita abundante con inclusiones de cuarzo, apatito y grafito. Nicoles cruzados.



Microfot. II.

Preparación núm. 3  $\times 25$ 

*Granodiorita.*—Gran cristal de microclino con inclusión de biotita, en la que a su vez hay inclusiones de zircón y apatito, en largos y transparentes cristales. Feldespatos alterados en sausrita. Cuarzo, sericita, biotita. Nicoles cruzados.



Microfot. IV.

Preparación San Pedro a.

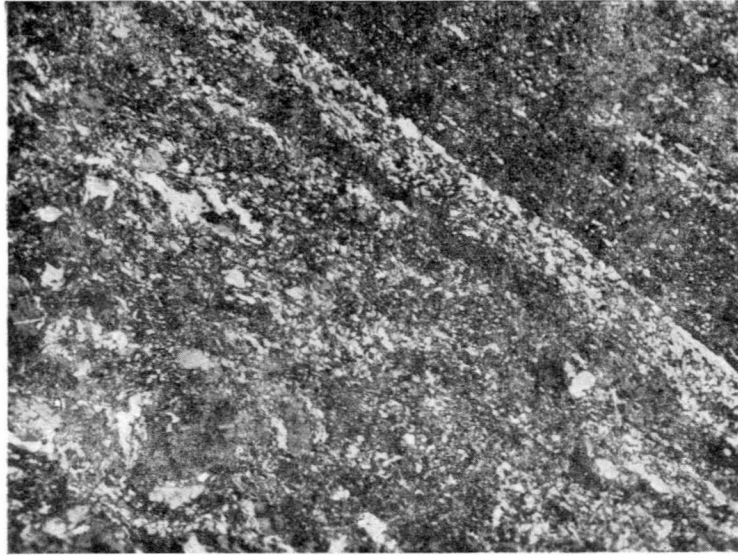
*Micacita.*—Cristales de moscovita entrelazados en estructura lepidoblástica y teñidos por óxidos de hierro. Grupos de cuarzo y esfera, Nicoles cruzados.



Microfot. III.

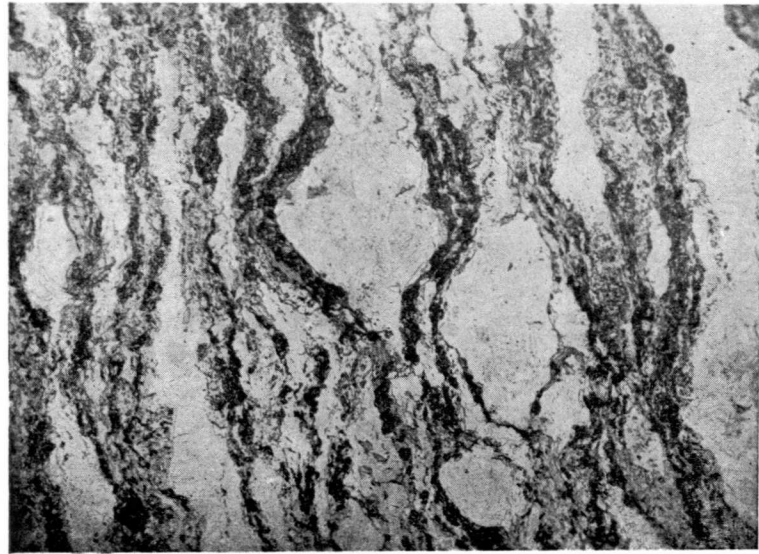
Preparación C. 61  $\times 25$ 

*Esquistos de anfíbol y epidota.*—Anfibol rameado en fondo de cuarzo. Cristales de epidota y plagioclasas. Luz natural.



Microfot. VI.

Preparación 57 a x 25.  
*Neis glandular de epidota*.—Nótese la típica estructura del neis y el relieve de la epidota. Luz natural.



Microfot. V.

Preparación 57 b x 25.  
*Neis de epidota*.—Glándulas de feldespatos entre epidota, cuarzo y clorita. Pequeños granos de esfena. Las bandas oscuras se deben a una concentración de epidota. Las claras a cuarzo. Nícoles cruzados.

RICHARD J. CHORLEY

## BASES DIASTROFICAS DE LAS IDEAS GEOMORFOLOGICAS EN EL SIGLO XX (\*)

### RESUMEN

La teoría eustática de Edward Suess con sus conceptos diastróficos, influyó notablemente y condicionó las ideas geomorfológicas durante las primeras tres o cuatro décadas del siglo xx. Ayudada por la traducción de De Margerie, el trabajo de A. Penck, los resultados de la expedición del Challenger y el concepto de tierras marginales («borderlands»), esta teoría ha constituido una idea básica del pensamiento geológico, en la época en que apareció el informe de Chamberlin (1909) sobre el diastrofismo como base fundamental de correlación. Durante el siguiente cuarto de siglo se consolidó esta teoría por la intensificación del interés hacia la estratigrafía de Norteamérica, los estudios de eustatismo glacial y la investigación de los cañones submarinos. La culminación de la influencia de la teoría eustática en la geomorfología, la constituye las publicaciones de Baulig (1928-1935), quien fue en parte responsable de la importancia que adquirieron en Inglaterra las ideas geomorfológicas.

Pero hacia el fin de la cuarta década de este siglo, el creciente conocimiento de la inestabilidad continental, consecuencia de las ideas que llevaron a las teorías epirogénicas e isostáticas, ha comenzado a arrojar serias dudas acerca del valor geomorfológico de la «gran generalización unificadora» de Suess. Entre la variedad de tipos de movimientos corticales que se han propuesto, han sido ampliamente aceptados, tanto por los geólogos tectonicistas como por los geomorfólogos, los de W. M. Davis, aunque los problemas de inestabilidad del nivel de base y la insuficiencia del tiempo necesario para la peneplanización, van constituyendo crecientes obstáculos para su sostenimiento. No deja de ser irónico que muchos de los avances geológicos que en un principio parecieron apoyar la teoría eustática, posteriormente han servido para desacreditarla, al menos en la forma extrema propuesta por Suess.

### INTRODUCCIÓN

En las ciencias de la tierra, así como en las astronómicas, los más notables avances van casi invariablemente asociados a la construcción de un tipo teórico, que armoniosa y simétricamente pretende abarcar la mayor parte de la realidad observada. Es natural que ninguno de estos modelos constituya

(\*) «The Geol. Soc. of Amer. Bull.», LXXIV, núm. 8, pp. 953 a 970, agosto 1963. Traducido del inglés por A. Almela.



una completa representación de la realidad, y la continua ampliación de las observaciones trae como consecuencia la confección de nuevos tipos que constantemente vienen a reemplazar a los antiguos, así como la teoría de Newton fue reemplazada por la de Einstein. Una característica de estos modelos es que, aún siendo receptáculo inadecuado para contener una conveniente información sobre los hechos, que es lo que en último término deben intentar ser, cada uno de ellos en su especial manera, y tal vez por la yuxtaposición de información que proporcionan, arrojan una nueva luz sobre aspectos de la realidad hasta entonces oscuros. La construcción de tal modelo, frecuentemente resulta del armazón de información acumulada, aunque no siempre esta acumulación haya de conducir inevitablemente a aquella construcción, y entonces se han hecho ensayos para aprovechar el material por medio de clasificaciones más que por modelos integrados. Es muy cierto que el establecimiento de un tipo teórico apropiado estimula la imaginación hasta el punto de que el campo de lo que es considerado como «realidad observada» se amplía tanto, que rápidamente se llega a disponer de una nueva riqueza de hechos informativos. Fue muy característico que después que W. M. Davis desarrolló su modelo teórico de «ciclo de erosión», pudo decir que el podía imaginar muchas más estructuras morfológicas de las que podían proporcionar los ejemplos encontrados en el campo. Un tal modelo teórico fue la teoría eustática de Edward Suess.

#### *Gratitud.*

El autor agradece a los Dres. James Gilluly y Stanley A. Schuman, del United States Geological Survey, por haber leído este artículo manuscrito y haber hecho valiosas sugerencias para su mejora. Sin embargo, la interpretación histórica en que se basa el presente estudio es de la responsabilidad del autor.

#### LA TEORÍA EUSTÁTICA

Suess fue nombrado profesor de Geología de la Universidad de Viena en 1857, a la edad de veintiséis años (Hobbs, 1914). Durante su larga carrera ejerció gran influencia sobre discípulos tales como Albrecht Penck y V. W. Judd, y hacia el fin del siglo XIX recogió el stock de la importante acumulación de información geológica que la Era Victoriana había proporcionado. El resultado de más de veinte años de estudio orientado hacia este fin, fue el trabajo en tres volúmenes titulado *Das Antlitz der Erde* (1883-1908). Aunque este gran estudio se recuerda ahora como la síntesis de la geología del siglo XIX y como el más grande trabajo geológico desde los «Principios» de Lyell, uno de sus más importantes y perdurables efectos fue el establecimiento

de lo que se ha conocido como la teoría eustática. Constituyendo el tema de todo el trabajo, y explícitamente el objeto del volumen 2, (1888), está el reconocimiento de que, además de las zonas orogénicas, las evidentes transgresiones y regresiones continentales indican un notable sincronismo en las oscilaciones del nivel del mar en áreas sumamente distantes. El amplio y uniforme carácter de estos fenómenos, indujo a Suess a sugerir (1906, págs. 537-538) que, independientemente de ciertos movimientos locales, las áreas continentales del mundo habían permanecido absolutamente estables a través de los tiempos geológicos, y que las principales invasiones y retrocesos de los océanos han sido la consecuencia de variaciones generales del nivel del mar debidas, principalmente, a cambios en la capacidad de las cuencas oceánicas. El examen de la evidencia geológica de los cambios de nivel de los mares, parece indicar que los movimientos eustáticos positivos de las transgresiones marinas fueron generalmente de larga duración y que se interrumpieron de vez en cuando por retrocesos mucho más cortos asociados a movimientos negativos. El mecanismo que Suess proponía para explicar estos movimientos rítmicos, además de vagas referencias a variaciones en la forma de los océanos (Suess, 1904-1924; ver 1906, pág. 553), implicaba el lento relleno de las cuencas oceánicas por la sedimentación, condicionado por los aumentos de capacidad de aquéllas debidos a la rápida subsidencia de los fondos marinos (Suess, 1904-1924; ver 1906, págs. 538-544). Este concepto básico de la historia geológica sufrió sólo ligeros retoques debidos a los movimientos verticales absolutos de la corteza, producidos por la compresión lateral principalmente en zonas localizadas (por ejemplo, plegamientos positivos, descensos por fallas, etcétera). *Das Antlitz der Erde* no fue sólo la culminación de la geología victoriana, sino la coronación de la labor profesional de Suess, que terminó con una lección de despedida en Viena, el 13 de julio de 1901, en la que condensó sus ideas en unas pocas sentencias (1904, págs. 267-268).

El extraordinario saber de Suess, el sólido molde en que situó sus conceptos, la oportunidad de su trabajo, su simetría y no menos su imaginativa y a veces casi mística manera de presentarlo (Suess, 1904-1924; ver 1906, página I, 556), que aparecía en concordancia con la tradición decimonónica del romanticismo germano, contribuyeron a dar una mayor importancia a *Das Antlitz der Erde*. Sin embargo, fuerzas más tangibles intervinieron para asegurar el dominio de las ideas de Suess y especialmente de su teoría eustática, sobre el pensamiento en las ciencias geológicas durante la siguiente media centuria, hasta que otros aspectos de la teoría diastrófica, desarrollados simultáneamente con aquélla, pero más lentamente, arrojaron serias dudas sobre su sencilla aplicación geomorfológica. Fue especialmente favorable para la *Face of the earth*, título de la traducción inglesa de H. B. C. y W. J. Sollas (Suess, 1904-1924), que la traducción francesa de mayor influjo (1897-1918) fuera realizada por Emmanuel de Margerie. En la influencia personal de De Margerie se entrelazan las grandes fibras que más tarde constituyen la tra-

ma de la geomorfología regional francesa del siglo xx, especialmente la de Baulig. Estas fibras fueron, en primer lugar, la apreciación de la labor de W. M. Davis y de los geólogos occidentales de finales del diecinueve; luego la aceptación del concepto regional de Paul Vidal de la Blache y, por último, la teoría eustática. De Margerie, que fue anteriormente colaborador de Albert Heim (1888) y alumno de Marcel Bertrand, editó la traducción francesa del trabajo de Suess, con la ayuda de 17 auxiliares, y añadió miles de nuevas notas marginales y más de 500 figuras para ilustrar el texto. A partir de 1900 *La face de la terre* constituye la edición definitiva de *Das Antlitz der Erde*.

La segunda circunstancia favorable que concurrió para la difusión de las ideas de Suess fue la publicación, en 1894, de la *Morphologie der Erdoberfläche*, de Albrecht Penck. En este influyente trabajo, aunque permitiendo una mayor libertad en los movimientos corticales de la que admitía Suess, sostenía que las áreas continentales eran generalmente estables; que las zonas marginales de las cuencas oceánicas eran susceptibles de deformación, con un consiguiente cambio de su capacidad; que la sedimentación oceánica podía producir una elevación del nivel del mar del orden de un metro en 32.200 años; y, finalmente, que las grandes fluctuaciones climáticas en el Pleistoceno habían estado acompañadas por amplias fluctuaciones glaciales eustáticas del nivel del mar. Difícilmente se podría aumentar el incentivo que a la teoría eustática dio la creciente comprensión de la magnitud de los movimientos glaciales eustáticos, y sólo a Penck (1894; Penck y Brückner, 1909) se debe este conocimiento.

La tercera circunstancia favorable para la propagación de la teoría eustática, fue la publicación de los resultados científicos de la expedición del Challenger, que estudió la topografía, geología, física, química y biología de las mayores cuencas oceánicas del mundo, entre 1873 y 1876 (Thomson y Murray, 1880-1895). Von Zittel consideró esta expedición como «el más grande suceso científico del siglo xix» (1901, pág. 217), y la publicación de los 50 volúmenes de resultados atestiguan la naturaleza masiva de la investigación. Dos aspectos particulares de los resultados del Challenger tuvieron especial importancia en relación con la eustasia: la publicación en 1891 del volumen sobre los depósitos en alta mar, atrajo la atención sobre la importancia y expansión en las cuencas marinas de los depósitos procedentes de los continentes, y los mapas confeccionados de los fondos oceánicos costeros impulsaron las especulaciones relacionadas con la deformación y cambios de capacidad de las cuencas marinas.

La existencia de surcos profundos oceánicos en los bordes continentales proporcionó una clara explicación de los violentos y episódicos descensos del nivel del mar, que Suess había postulado. En 1900, Emile Haug sugirió (página 628; ver también 1907, pág. 165) que esas «antefosas» eran dobladuras negativas de carácter de geosinclinal que se producían en una etapa inicial de

deformación orogénica, en las zonas particularmente móviles inmediatas a los bordes de los escudos continentales estables. De esta manera resulta natural asociar los aumentos relativamente repentinos de la capacidad de las cuencas oceánicas y los movimientos eustáticos negativos, con las dobladuras de esas antefosas, durante los periodos orogénicos de la historia de la tierra. Hacia el final del siglo xix se realizaron también observaciones estructurales que apoyaron la idea de que las áreas marginales oceánicas podían sufrir cambios de un carácter tan violento, que dieran lugar a variaciones de la capacidad de las cuencas marinas, que podía ser tanto aumentada como disminuida. Los primeros estudios de Suess (1875) y Heim (1878), sugirieron que se habían producido estructuras montañosas por compresión lateral dirigida hacia los escudos continentales, desde las cuencas oceánicas, que dieron lugar a deformaciones de grandes espesores de depósitos marinos marginales. Estos estudios fueron ampliados por Bertrand (1884) y Lugeon (1901), quienes describieron la magnitud de los corrimientos alpinos. Marcel Bertrand es importante también, porque fue el primero que formuló el concepto de «facies» (1897), mostrando que simples unidades estratigráficas se componen a menudo de diferentes depósitos, cuyo carácter permite especular ventajosamente acerca de la distancia, relieve y comportamiento tectónico de las áreas de donde provienen. Una consecuencia de esto fue que se hizo patente el significado tectónico de los depósitos de «flicsch», concepto en el que insistentemente se había apoyado Walter Penck. De mayor importancia inmediata fue la correlación de los sedimentos detríticos en las zonas geosinclinales, con las fuentes diferentes a las actuales áreas continentales principales, especialmente en Norteamérica: esto mismo resultaba de la teoría de las «tierras marginales», que tiene una gran conexión con las ideas relativas a la capacidad de las cuencas oceánicas. Empezando por «Appalachia» (Williams, 1897), se supone que habían existido extensas masas terrestres en los bordes oceánicos de todos los marginales u «ortos» geosinclinales (Stille, 1936 a). Durante el primer cuarto del presente siglo, este concepto fue el armazón tectónico generalmente aceptado de la sedimentación, y tuvo su más influyente expositor en Charles Schuchert (1910, 1923), quien señaló otras varias tierras marginales de amplitud semejante e igualmente en curso de desaparición (por ejemplo, Llanoria, Cascadia, Yukonia, etc.), adosadas a otros ortogeosinclinales de Norteamérica. Igualmente Barrell (1914) hizo un detallado estudio del área de alimentación de la Appalachia, que se consideró relacionada con la deposición de las rocas del Devoniano superior del Estado de Nueva York; pero fue este mismo autor quien, unos diez años después, comenzó a reducir el concepto de tierras marginales masivas, primero a amplios «geoanticlinales» y después a arcos de islas. Sin embargo, ésta es una ulterior evolución de las ideas, pues hasta cerca de 1930 muchos geólogos estuvieron dispuestos a admitir la posibilidad de la existencia y posterior desaparición de viejas grandes masas terrestres situadas en las actuales cuencas oceánicas. La re-

lación entre estas tierras marginales y los posibles cambios en la capacidad de las cuencas marinas, fue lo suficientemente clara para que esta idea constituyera un positivo apoyo de la teoría eustática, si bien no exactamente en la forma original de Suess. Es interesante que gran parte de la teoría del avenamiento de Pensilvania, de Davis (1889), se convirtió en la proposición de que los cursos fluviales de los Apalaches fluían hacia el Noroeste, en contraposición a los supuestos ejes tectónicos principales situados al Este de los actuales pliegues montañosos (Johnson, 1931, fig. 13 A). El problema de la inversión de este avenamiento inicial fue tan difícil para Davis, como para los geólogos la explicación de la subsiguiente y tan útil desaparición de las grandes tierras marginales.

Al comienzo del siglo xx la teoría eustática llegó a constituir artículo de fe en geología, y como tal, un importante constrictor del pensamiento geomorfológico. Esta fe encontró su expresión en la importante publicación de T. C. Chamberlin titulada «Diastrophism as the ultimate basis of correlation» (1919), en la que el eustatismo se asociaba con otros aspectos del diastrofismo:

«... en general los movimientos relativos ascendentes del diastrofismo se han situado constantemente en los continentes, y los amplios movimientos de descenso constantemente en las cuencas oceánicas, y, dejando a un lado rasgos incidentales, el efecto dominante de los sucesivos movimientos diastróficos ha sido restablecer la capacidad de las cuencas marinas y rejuvenecer los continentes. Estas conclusiones me parece que vienen firmemente apoyadas por el curso general de la historia geológica, en donde las transgresiones y regresiones marinas constituyen rasgos fundamentales» (1909, pág. 688).

Esta afirmación pone ya de manifiesto la influencia de la idea de epirogenia (Gilbert, 1809), que más tarde iba a jugar papel decisivo en la declinación de la teoría eustática, de la misma manera que iban a ser atacadas más tarde las ideas asociadas de Chamberlin sobre el carácter sincrónico y episódico de la orogenia (Shepard, 1923; Gilluly, 1949). El trabajo de Chamberlin marcó el advenimiento de la era de la teoría eustática; sin embargo, desde este momento, cualquier geomorfológico que admitiera que los efectos de los cambios en el substratum se reflejaban en las estructuras terrestres relacionadas con aquél, debía estar dispuesto a tener en cuenta la probabilidad de fluctuaciones considerables del nivel del mar en el pasado geológico. Muchos geomorfológicos declaran ignorar las consideraciones diastróficas al efectuar los análisis de las estructuras terrestres; sin embargo, si la historia del pensamiento geomorfológico puede ser una guía, el estudioso que a sabiendas viola las limitaciones diastróficas convencionales de su tiempo, es un gran temerario. La teoría eustática constituyó una de esas limitaciones, y contra este telón de fondo es como puede presentarse el panorama de la geomorfología del siglo xix para que ésta pueda ser más provechosa.

Por lo menos durante las tres primeras décadas de este siglo, los trabajos

de estratigrafía estuvieron dominados por la importancia que se concedía a la teoría eustática, y los mapas paleogeográficos que se construyeron aumentaron la general impresión del sincronismo de las transgresiones y regresiones. En Europa, De Lapparent (1906) y Hang (1908-1911) fueron los principales responsables del énfasis que se puso en las amplias y aparentemente sincrónicas oscilaciones del nivel del mar que parecían dominar la historia geológica de acuerdo con las ideas de Suess. En los Estados Unidos, Charles Schuchert (1910-1923) siguió las ideas eustáticas de Suess sin modificación virtual alguna (1910, pág. 479), y los mapas paleogeográficos de Willis (1909) contribuyeron mucho a sostener la noción de eustasia. La más espectacular, si no la más influyente extensión de la teoría de Suess, fue la «teoría de las pulsaciones» propuesta por Grabau (1913; 1920-21; 1936), quien estimaba que los datos estratigráficos registrados inducían al reconocimiento, no sólo del sincronismo de los cambios eustáticos a escala mundial, sino de que estos cambios se producían según una pulsación rítmica (1936, pág. 450). Los datos geológicos de que se dispone evidencian la existencia de múltiples transgresiones y regresiones continentales, pero este fenómeno se hizo especialmente patente durante el rápido desarrollo de la campaña de sondeos petrolíferos en la plataforma costera del Golfo de Méjico durante la tercera década del siglo xx. Con el establecimiento del primer laboratorio del subsuelo en 1919 y el uso cada vez más generalizado de la micropaleontología desde 1920 (Landes, 1951), se hicieron posibles correlaciones estratigráficas sobre áreas extensas, y de este modo se puso también en evidencia la importancia histórica de las transgresiones y regresiones (Levorsen, 1931). Como consecuencia de la aceptación de las ideas de Newberry (1873) sobre las series cíclicas de sedimentación, que Willis (1893) relacionó con los ciclos de erosión, los estudios sobre los ciclotemas realizados por Udden (1912), Weller (1930), Moore (1931) y Wanless y Weller (1932), en los Estados Unidos, y por Hudson (1924), en Inglaterra, recalcaron más la existencia de oscilaciones del nivel del mar.

En éstos y otros trabajos estratigráficos de comienzos de la cuarta década, fue un carácter significativo el que los movimientos continentales epirogénicos se tomaran en cuenta cada vez más para explicar las transgresiones y regresiones marinas. Otra argumentación en contra de la teoría eustática fue que, hacia esta época, comenzaron a exponerse dudas acerca de la posibilidad para los geólogos de datar con precisión las transgresiones extensas y de larga duración, lo que condujo a un mayor escepticismo respecto a la correlación de las transgresiones a escala mundial, según exigía la teoría eustática. Sin embargo, en este tiempo, las dudas relativas a la estabilidad fundamental de las plataformas continentales quedaban todavía enmascaradas por el reconocimiento casi universal, por los geólogos más destacados, de que «... los mayores movimientos de las líneas de costa... habían afectado a todos los continentes en el mismo sentido y al mismo tiempo» (Bucher, 1933: pá-

guna 128), y que estos cambios se debían, principalmente, a cambios de la capacidad de las cuencas oceánicas (Moore, 1936: págs. 1.802-1.804).

Se comprende fácilmente que, si se acepta el punto de vista de que la morfología de los rasgos paisajísticos está condicionada por las características del substratum, como sostienen la mayoría de los geomorfólogos europeos y americanos (con la importante excepción de la Escuela Alemana), la teoría eustática proporciona una tentadora clave para establecer la correlación cronológica a escala mundial de las estructuras terrestres. Por consiguiente: todo lo que impulsaba a los geólogos a ensayar correlaciones intercontinentales de cualquier tipo, ayudaba a crear un clima de opinión favorable a la teoría eustática en geomorfología. La relativa popularidad de la teoría de los continentes a la deriva (Wegener, 1915; Van Waterschoot y Van der Gracht, 1928; Du Toit, 1937), con su peculiar interpretación, ayudó sin duda a incrementar este clima, que alcanzó su máximo hacia la mitad de la cuarta década.

Si puede obtenerse evidencia del sincronismo de las variaciones del nivel del mar en un pasado geológico remoto, se puede esperar una evidencia mucho más clara de las fluctuaciones recientes del nivel del mar relacionadas con los períodos glaciales. Por consiguiente, cuando Déperet (1906), De Lamothe (1911) y Gignoux (1913) identificaron terrazas aparentemente horizontales, a menudo asociadas con faunas características, en el Mediterráneo occidental, procedieron a sentar las bases de una teoría eustática glacial. Estos niveles marinos fueron resumidos por Déperet (1918), y este mismo autor (1918, 1922, 1921) intentó la correlación eustática de las líneas de costa glaciales en el Mediterráneo, Francia, Inglaterra y otras áreas occidentales de Europa. Igualmente De Lamothe (1916, 1918) relacionó ciertos niveles del área del Somme con los del Mediterráneo. También estableció la relación entre las playas fósiles y las terrazas del Somme; y algunos años más tarde, Chaput (1928) intentó una correlación más general entre las terrazas marinas y fluviales en Francia (como hizo Leverett (1928) en Pensilvania y Nueva Jersey). Por Dubois (1925) y Antevs (1929) se intentó establecer correlaciones más amplias que afectaban a las terrazas marinas bien desarrolladas en la costa oriental de los Estados Unidos y que se consideraban de origen eustático glacial (Cooke, 1930); y el deseo de obtener una correlación mundial de los niveles marinos y fluviales eustáticos del Plioceno y Pleistoceno, cristalizó en la creación, en 1.º de junio de 1926, de una Comisión Especial de la Unión Geográfica Internacional. De la frustración del subsiguiente trabajo de esta Comisión por el creciente reconocimiento de la importancia de los movimientos terrestres locales, isostáticos, epirogénicos y orogénicos, se tratará en la segunda parte de este trabajo, pero ya a mitad de la cuarta década estas dificultades empezaron a sembrar dudas sobre la aplicación universal de la correlación de las terrazas por su simple altura sobre el nivel del mar. Daly, que anteriormente había fiado mucho en el concepto glacial-eus-

tático, expuesto en su teoría de «control glacial» para el crecimiento de los arrecifes coralinos (1910, 1919), siguió el estudio pionero de Barrell (1915), dando mayor importancia a la realidad de los movimientos terrestres diferenciales en la historia del Pleistoceno.

No obstante, la influencia de los movimientos eustáticos recientes en el pensamiento geológico, fue muy grande durante los primeros treinta y cinco años de este siglo. Boule y otros (1906-1911, pág. 152) observaron recientes descensos del nivel del mar, hasta — 200 metros en el Mediterráneo; y Molengraaff (1930) sostenía que se había anegado un sistema fluvial subaéreo completo, que constituye el fondo del actual Mar de la Sonda. En relación con esto, es natural que la sugestión de que los cañones submarinos, cuya existencia fue reconocida por primera vez hacia el fin del siglo XIX, habían sido entallados por la acción de las corrientes durante épocas de descensos eustáticos fuertes (Shepard, 1933, 1934 a; 1934 b), diera un mayor crédito a la teoría eustática general. Así pues, no es extraño que en esta época se pensara en oscilaciones del nivel del mar bastante recientes, del orden de 500 metros (Penck, 1934), e incluso de más de 1.000 metros (Joly, 1925). Moore (1936, páginas 1.802-1.804), escribía:

«Si es cierto que los profundos cañones submarinos que hunden las plataformas continentales... son el resultado de la erosión subaérea, la medida de las fluctuaciones verticales del nivel del mar en un tiempo geológico relativamente corto han demostrado que estas fluctuaciones son grandes. ¿Cómo puede explicarse el descenso y elevación del nivel del mar en varios miles de pies, si no es como el resultado de un diastrofismo que afecta a la capacidad de las cuencas oceánicas?... Puesto que áreas muy extensas de los continentes quedan afectadas uniformemente por movimientos verticales aparentes que dan lugar a variaciones en las líneas de costa, especialmente donde estos aparentes movimientos se han registrado con los mismos o casi los mismos caracteres en continentes muy distantes, estas variaciones de las líneas de costa son probablemente debidas a movimientos verticales del nivel medio del mar sobre la tierra, más bien que a reales movimientos de las masas continentales.»

La pleamar de la teoría eustática la constituyó en geomorfología la publicación de Baulig titulada *Le plateau Central de la France* (1928). Dedicada a Edward Suess y Paul Vidal de la Blache, fue una de las que más influyó entre la serie de monografías regionales doctorales, inspiradas por el último. Baulig observó la evidente existencia de superficies de erosión a niveles más o menos uniformes, principalmente a 380, 280 y 180 metros (Baulig, 1928, páginas 432-433), y extrapolando los perfiles de los ríos parecían indicar también los mismos niveles. Aunque postulando un origen principalmente subaéreo para estas superficies, Baulig creía que debían haber sido labradas en relación con los más altos niveles del mar (principalmente pliocenos) y que la última historia erosiva del Macizo Central había estado condicionada por una serie de movimientos eustáticos negativos del nivel del mar, asociados a un

aumento de la capacidad de las cuencas oceánicas (Baulig, 1928, págs. 518-521). El reconocimiento de superficies semejantes en otras regiones supuestas estables (1928, págs. 523-544), así como la horizontalidad de las observadas en la parte sur del Macizo Central, le condujo a desestimar otros mecanismos para obtener estos cambios de nivel, apoyándose casi exclusivamente en la más simple versión de la teoría eustática de Suess:

«Como dice Suess, la cronología geológica descansa sobre el carácter general de ciertos sucesos, especialmente las transgresiones y regresiones marinas, y es muy posible que un día puedan establecerse correlaciones morfológicas universales sobre la base de una conveniente comprobación y confirmación de la teoría eustática» (Baulig, 1928, pág. 544).

Aunque en una mirada retrospectiva Baulig (1957) comprendió que su aplicación morfológica de la teoría eustática no fue bien recibida, es frecuente, para quien ha tenido un éxito, querer vencer sus primitivas dificultades. En efecto, con la excepción de la mayor parte de los geomorfólogos americanos, cuyas ideas epirogénicas han tenido una temprana aplicación al Macizo Central por Demangeon (1910) y Briquet (1911) y de los tectonicistas alemanes, la idea de que la teoría eustática podía suministrar una clave para la correlación a gran escala de las estructuras terrestres, tuvo una aceptación casi general durante algún tiempo. El apoyo más importante se lo dieron cuatro conferencias pronunciadas por Baulig (1935) en la Universidad de Londres en noviembre de 1933. Estas conferencias sobre «Las variaciones del nivel del mar» constituyen la más clara exposición de la teoría eustática aplicada a la geomorfología. Aunque reconociendo la influencia local de los movimientos orogénicos, epirogénicos e isostáticos, tales como los que habían trastornado la superficie superior eocena, Baulig reiteraba su creencia en la importancia de los movimientos eustáticos sincrónicos de fines del Terciario, motivados por los cambios diastróficos y glaciales, para el desarrollo cronológico de las estructuras: si bien todo ello de una manera algo menos dogmática que la empleada hasta entonces.

«... la posibilidad de correlaciones mundiales no debe ser desestimada sin más. De todos modos, la investigación de niveles de erosión eustáticos —o pseudoeustáticos— parece prometedora...» (Baulig, 1935, pág. 32).

Este concepto, que hasta esta fecha había atraído a los geomorfólogos ingleses, especialmente a aquéllos con un trasfondo geológico, rápidamente llegó a constituir la fuerza impulsora de la geomorfología inglesa. S. W. Wooldridge y sus discípulos empezaron la investigación de los cambios eustáticos de nivel, y las ideas de cronología de la denudación que había llegado a Inglaterra de los Estados Unidos, pronto se acoplaron firmemente a la teoría eustática. Hasta cuando la teoría eustática comenzó a declinar en casi todas partes, los geomorfólogos ingleses tomaron el mando y siguieron adelante. Muchos de ellos comienzan ahora a parar su carrera ante el embarazoso reconocimiento de que ésta había terminado efectivamente hace un cuarto de

centuria antes. Así, Wooldridge y Linton, en su excelente estudio de la cronología de la denudación regional del sureste de Inglaterra (1939), consideraron necesario relacionarla predominantemente con descensos eustáticos del nivel del mar, desde un nivel alto de más de 600 metros en el Plioceno (1955 edición, pág. 151). Una reciente aplicación más drástica del mismo dogma la tenemos en Brown (1960, pág. 170), quien asocia las superficies de erosión en Gales con movimientos eustáticos negativos similares, empezando por una superficie labrada durante el Mioceno por un nivel del mar que se encontraba unos 1.700 pies por encima del actual nivel! Tal vez la más concisa declaración de fe geomorfológica en la teoría eustática, fue hecha por Wooldridge en 1951 (págs. 172-173):

«No es aventurado decir que, en su contribución a la historia de la tierra, la geomorfología parece acercarse a una generalización unificadora. Precisamente en el punto en que los datos stratigráficos fallan o son incompletos, se ofrece la alternativa del principio de la correlación inter-regional en el hecho de que los niveles marinos antiguos han dejado grabada su marca en los márgenes de las tierras, y que estos mismos niveles son reconocibles tierra adentro como «terrazas» o «plataformas». La historia reciente de los continentes, parece indicar que uno de los «alzamientos» comenzó mucho antes del Pleistoceno, o, más probablemente, en vista de la uniformidad de los antecedentes, de los sucesivos cambios eustáticos negativos del nivel del mar. Aquí, en uno de sus mayores campos de avance, la geomorfología converge con la geofísica.»

Cuando Baulig hizo una manifestación semejante unos veinte años antes, se tenía suficiente fe en la estabilidad absoluta reciente de las mayores áreas continentales, para mantener la esperanza de que las correlaciones de las estructuras recientes podían deducirse simplemente de la evidencia de su elevación. Hacia la mitad de la centuria, la declinación de la teoría eustática había arrojado graves dudas sobre su «gran generalización unificadora».

#### CRECIENTE CONOCIMIENTO DE LA INESTABILIDAD CONTINENTAL

Los tres años 1888-1890 pueden considerarse, sin lugar a dudas, como uno de los momentos cruciales del pensamiento geológico, porque dentro de este corto espacio de tiempo se formularon o se establecieron formalmente cuatro de los conceptos que han dado a la geología del siglo xx la mayor parte de su carácter distintivo. En el año que siguió a la publicación del segundo volumen de Suess, Dutton (1889) expuso el concepto de isostasia, y Davis (1889) dio la primera descripción completa del ciclo de erosión, mientras que Gilbert, en el año siguiente (1890), formuló el concepto de epirogenia.

En su monografía del Lago Bonneville, Gilbert (1890, pág. 340) describió amplios «hinchamientos» de las plataformas continentales, a los que con-

sideró responsables de la creación de continentes. A éstos los denominó «epirogénicos» para distinguirlos de los creadores de montañas o movimientos «orogénicos», y designó al conjunto de las dos categorías de movimientos con la denominación de «diastróficos». En comparación con el concepto de eustática, la teoría epirogénica se desarrolló muy lentamente, en parte porque fue una noción más compleja y menos obvia geológicamente que la de Suess, y en parte también porque la monografía regional publicada por el Geological Survey de los Estados Unidos, fue un vehículo menos persuasivo que *Das Antlitz*. No obstante, la idea epirogénica fue creciendo firmemente, y durante la tercera década de este siglo, muchos geólogos adscribían las mayores transgresiones y regresiones a combaduras continentales diferenciales, como lo hizo Stephenson (1928) en la Rasa Costera del Golfo. Sin embargo, fue la obra de Hans Stille la que ocasionó casi una revolución en el pensamiento epirogénico hacia la mitad de la cuarta década. Una característica básica de la teoría eustática de Suess ha sido considerar que las plataformas continentales mayores, han permanecido absolutamente estables a pesar de los movimientos orogénicos debidos a las compresiones laterales de las zonas adyacentes móviles. Stille sugirió que las orogenias marginales podían relacionarse con los mayores retrocesos marinos en los respectivos continentes, y que este «robustecimiento de la epirogénesis sinorogénica» (Stille, 1936 b, págs. 853-854), implica que la estabilidad del cratón está sorprendentemente ligada a la del geosinclinal. Este concepto es ahora una parte generalmente aceptada del pensamiento geológico (por ejemplo, P. B. King, 1955), y más recientemente se han propuesto muchas nuevas e interesantes ramificaciones de la noción general de epirogenia. Por ejemplo, las fases «diastólicas» y «sistólicas» alternantes de Bucher (1939, pág. 428), asociadas con expansiones y contracciones de la zona subcrustal de la tierra, se ligaron con los movimientos verticales de las plataformas continentales; y Von Bubnoff (1954) propuso el término «diatrogénesis» para aquellos procesos diastróficos que implicaban surrecciones verticales de áreas más pequeñas que las afectadas por la epirogénesis. A Billings (1960, págs. 379, 390-391) le satisface que el levantamiento de las Mesetas del Colorado no pueda explicarse por un levantamiento isostático ni por una compresión. Más recientemente, L. C. King (1962, págs. 144-146) ha propuesto que una gran parte de la historia de la corteza terrestre puede explicarse en términos del retroceso uniforme de las pendientes abruptas, producido en las grandes flexuras arqueadas. Esta deformación vertical, denominada «cimatogenia» (1962, pág. 191), se cree que produce ondulaciones de elevación o depresión que se extienden hasta cientos de millas y producen desplazamientos verticales de miles de pies. Aunque King distingue entre esto y epirogenia, a la que hace sólo dos referencias en su voluminoso libro, es difícil apreciar su distinción que excluye las elevaciones epirogénicas de gran escala, de la cimatogenia, proceso que enlaza con especulativos mecanismos subcrustales. En todo caso, la

idea de que las plataformas continentales son susceptibles de movimientos verticales de gran escala, ha adquirido en el último cuarto de siglo o más, la suficiente popularidad para haber creado serias complicaciones a la teoría eustática. Como concluye Kuenen (1955, pág. 201) en su estudio de los movimientos del nivel del mar, no podemos todavía distinguir entre movimientos glacial-eustáticos y general-eustáticos, ni podemos tampoco determinar cuál fue el papel que jugó el plegamiento crustal.

Otro agente responsable de la lenta erosión de la teoría eustática durante la primera parte del siglo xx, fue la creciente popularidad del concepto de isostasia. La posible existencia de esta tendencia hacia la igualación de los pesos de las columnas de la corteza, asociada con las ideas de traslación de las masas en las capas subcrustales, y de la flotación, se debió inicialmente a los trabajos de Pratt (1855, 1859) y de Airy (1855), pero sólo cuando Dutton definió el concepto en 1889, se fijó la atención en él como posible mecanismo para los movimientos verticales de la tierra. Otros dos progresos ayudaron también al firme desarrollo de la teoría isostática: la medida de la gravedad de la tierra y de las variaciones de la densidad, y el descubrimiento de la radioactividad terrestre.

Tan pronto se hizo patente que la densidad de la corteza terrestre es menor que la de toda la tierra, comenzaron a hacerse cálculos para determinar la distribución de la densidad en el interior de la tierra. En 1897, Wiechert propuso que la existencia de un núcleo de hierro de un radio de 5.000 km., rodeado por un manto rocoso de 1.400 km. de espesor, podría explicar las características observadas de la densidad de la tierra, lo cual fue generalmente apoyado por Oldham (1906), quien primero empleó las ondas para decidir la estructura interna de la tierra. Oldham postulaba la existencia de una triple capa constituida por la corteza, el manto y el núcleo, cada uno de estos elementos con propiedades físicas radicalmente diferentes; y al mismo tiempo Mohorovicic (1910) daba su nombre a la discontinuidad existente en la base de la corteza. Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, las características más salientes de la densidad de las capas terrestres (excepto el núcleo interno) ya habían sido descritas de manera análoga a como se hace actualmente (Gutenberg, 1914). Hacia esta misma época, la introducción de la balanza de torsión por el barón Von Eötvös, hizo posible la medida de las diferencias horizontales de la gravedad en distancias cortas, con una exactitud mayor que la que permitían los viejos métodos del péndulo. La balanza de torsión empezó a utilizarse comercialmente para las prospecciones petrolíferas en 1922, y dos años más tarde se encontró el primer campo petrolífero descubierto con este método (Nash Dome, Texas). El reconocimiento de que las medidas de la gravedad podrían dar una idea acerca de las alteraciones del equilibrio isostático, trajo pronto como consecuencia natural la idea de la tendencia de la corteza a movimientos verticales compensatorios (por ejemplo,

Spencer, 1913), y el reconocimiento de las variaciones espaciales de la gravedad terrestre fortaleció esta idea de la movilidad vertical de la corteza.

El desarrollo de los estudios relativos a la radiactividad natural de los materiales de la tierra, proporcionó el mecanismo termal por el que se podía producir esta movilidad. En 1896, Henri Becquerel descubrió que las emisiones de las sales de uranio impresionaban una placa fotográfica. Tres años más tarde eran estudiados por P. y M. Curie los efectos químicos de estos rayos, y en 1902 Rutherford y Soddy propusieron la teoría de la desintegración radiactiva. Se reconoció que esta desintegración era acompañada de una producción de calor (Rutherford y McClung, 1900; Curie y Laborde, 1903), y Joly (1909, 1925) difundió todo esto considerándolo como posible mecanismo para el movimiento de las capas subcrustales.

El pensamiento isostático durante la primera mitad del siglo xx se ha orientado, no tanto a la discusión de las tendencias hacia el reajuste isostático, sino a la determinación de en qué grado esta tendencia se opone a la resistencia inherente a la corteza. Hayford (1911), Bowie (1921, 1927) y Reid (1922) han sido fervientes defensores de la eficacia de las fuerzas isostáticas para producir una compensación, aún a nivel local, frente a los valores bajos de la resistencia de la corteza; mientras que Gilbert (1895), Barrell (1919), Born (1923), Putnam (1930) y Gunn (1949, págs. 267-278), han defendido una más alta estimación de la resistencia de la corteza y han aceptado la posibilidad de una compensación isostática sólo a base de extensas áreas regionales. Se han comenzado a hacer estimaciones del orden actual de la resistencia de la corteza en cuanto se han identificado los efectos compensadores de la descarga del hielo (Gilbert, 1885; De Geer, 1892) y del agua de los lagos (Gilbert, 1890). Esta cuestión está todavía sin resolver, pero gran parte del trabajo moderno (por ejemplo, Carder y Small, 1948) parece que se orienta hacia una resistencia crustal más baja de lo que hasta ahora se suponía por muchos autores (ver, sin embargo, Longwell, 1960). Hubbert (1945, página 1.615) ha llegado hasta proponer que,

«el comportamiento de la tierra en su conjunto en los tiempos geológicos debe ser muy semejante al de los fluidos viscosos ordinarios y de los lodos sumamente blandos de nuestra experiencia diaria».

Sea cual sea la verdad de esto, y nos referimos aquí menos a la «verdad geofísica» que a lo que los geomorfólogos creen que debe ser, la creciente creencia en la debilidad de la corteza terrestre y la universalidad de los movimientos resultantes de la compensación isostática, han contribuido mucho a la destrucción de la imagen de la estabilidad continental de Suess.

Los geomorfólogos americanos, y en particular W. M. Davis, se opusieron a la teoría eustática y centraron su oposición alrededor del comportamiento de las zonas móviles. Suess había sostenido que las grandes surrecciones de la corteza se producían sólo en esas zonas y sólo como consecuencia de las fuerzas tangenciales de plegamiento. Suponía que otras regiones relativamen-

te elevadas eran el resultado de una subsidencia periférica y que fuera de las zonas móviles no existían surrecciones en gran escala. Davis (1905, 1919) atacó esta parte de la tesis de Suess, indicando las penillanuras que se habían inclinado al ascender, y explicó en sus «Complicaciones del ciclo geográfico» (1904), que las interrupciones que él consideraba implicaban movimientos de la masa terrestre. En Europa esta tesis constituye la base tectónica para el trabajo de Martonne en los Alpes de Transilvania (1907), y en los Estados Unidos la cronología de la denudación de los Apalaches establecida por Douglas Johnson (1931), se basó enteramente en la suposición del arqueamiento y elevación discontinua de esta cadena de montañas. La oposición americana a las otras estipulaciones generales de la teoría eustática fue proclamada en un Simposium de 1922, en el que F. Leverett, W. C. Alden, D. W. Johnson y W. M. Davis se unieron para atacar las simples correlaciones eustáticas que habían sido establecidas por los europeos. Esta oposición fue resumida por Johnson una década después:

«Actualmente todo lo que puede asegurarse, es que los estudios realizados hasta ahora por los diferentes observadores no nos parecen concluyentes respecto a la validez de cualquier teoría referente a la correlación y posición de los niveles marinos antiguos en América» (1932, pág. 298).

Durante las tres primeras décadas del siglo xx, muchas de las ideas geomorfológicas relativas al carácter de la ascensión de las áreas móviles, procedían de deducciones sacadas de los datos estratigráficos correspondientes. Siguiendo el desarrollo del concepto de facies, se creyó que la distribución de las facies sedimentarias proporcionaba la clave para comprender el mecanismo de la surrección de las áreas matrices. Así algunos autores (por ejemplo, A. Penck, 1919) reconocieron la posibilidad de una extensa gama de tipos, mientras que otros preferían interpretar los datos estratigráficos como indicios, principalmente, de cortos periodos de rápida elevación. No hay duda de que mucho del trabajo geomorfológico de Walther Penck fue un intento de obtener apoyo fisiográfico para un tipo general de surrección, que previamente había deducido de una evidencia estratigráfica. La importancia que Penck concedía a la posibilidad de identificar los movimientos del área matriz por los datos sedimentarios, queda claramente sentada en el capítulo 1 de su *Die Morphologische Analyse* (1924, ed. inglesa, pág. 5), y es el resultado de sus estudios en los Andes (Penck, 1924, págs. 277-279). Donde empleó razonamientos fisiográficos en relación con la historia de la surrección, fue frecuentemente en donde había una ausencia reconocida de estratos que pudieran ser relacionados con aquélla (Penck, 1925, pág. 86). Es interesante que actualmente muy pocos geólogos intentarían algo más que proponer la ocurrencia de alguna surrección de tipo general, sólo por los datos sedimentarios, y no deducir el tipo de la surrección con un gran detalle (Spieker, 1946, 1949; Pratt, 1961). Estas reservas aumentaron mucho con el desarrollo del estudio sobre las relaciones entre tectónica y sedimentación —por ejemplo,



la «tectónica sedimentaria» (Krumbein y Sloss, 1951). En 1917, en un trabajo muy importante, Barrell hizo ver que gran parte del carácter de la serie sedimentaria está controlado por la naturaleza de la subsidencia de la cuenca de sedimentación, y su comportamiento diferente al de las áreas matrices adyacentes. Aunque estos comportamientos frecuentemente están tan íntimamente ligados que es difícil distinguir entre los dos, el estudio de Barrell empezó a poner en duda la simple asociación entre la naturaleza de la sedimentación y el tipo de surrección del área matriz. Esta duda, sin embargo, no se generalizó realmente hasta después de 1930 (Bailey, 1930; Jones, 1938; Kry-nine, 1941), cuando los geomorfólogos se vieron forzados a adoptar puntos de vista mucho menos doctrinarios en relación con la interpretación de los tipos de surrección de las series sedimentarias.

No obstante, no debe pensarse que el desplazamiento de las ideas diastróficas se ha efectuado exclusivamente en un solo sentido, porque las consecuencias geomórficas han jugado un importante papel en el desarrollo de las ideas referentes a la historia post-orogénica de las zonas móviles. El éxito de la teoría cíclica de Davis condujo naturalmente a difundir la suposición de que las superficies de erosión, discordancias, valles, terrazas y estructuras de valle-en-valle, deben asociarse con los procesos erosivos que actúan guiados por los antiguos niveles de base. Esta suposición, juntamente con la persistencia observada de fuertes relieves incluso en las zonas de plegamiento antiguo, condujo a muchos geólogos a la conclusión de que la fase orogénica causante de las estructuras geológicas fue seguida por un prolongado período de calma, durante el cual se produjeron diferentes grados de arrasamiento (Bucher, 1933, pág. 431; 1939, pág. 422). La actual elevación de estas superficies implicaba que se había producido un movimiento vertical subsiguiente (A. Penck, 1909, págs. 70-71; Stille, 1936 b, págs. 850-851; De Sitter, 1952, págs. 300-301; Billings, 1960, págs. 393-394; Pannekoek, 1960; King, 1962, pág. 358), y la topografía de las estructuras de valle-en-valle implicaba que la surrección había sido intermitente, posiblemente con intervalos de descenso entre las fases de ascensión (Barrell, 1917, págs. 747-763; Campbell, 1933, págs. 571-573; Bucher, 1939, pág. 422). Aunque algunos autores (Daly, 1905; A. Penck, 1919) propusieron métodos alternativos por los que se habían podido producir las cumbres y otros accidentes topográficos, y Walther Penck (1924, págs. 7-8) pensó que esta interpretación de una historia postorogénica de sacudidas intermitentes, era más un producto del análisis que una realidad física, la interpretación de surrecciones intermitentes persiste hoy apoyada en una evidencia basada más en su simplicidad que en su fuerza de convicción (Axelrod, 1957 a, 1957 b).

El proceso de surrección discontinua de las zonas inestables, tras de un prolongado período de quietud y arrasamiento tendrá, sin embargo, que enfrentarse con una posible reconsideración en dos aspectos, los del «mecanismo» y el «tiempo», el monstruo bicéfalo de la geología. Si se admite, en pri-

mer lugar, que la compensación isostática se efectúa con una relativa rapidez; en segundo lugar, que la resistencia de la corteza terrestre es baja, y finalmente que la fase orogénica produce extensas anomalías negativas de la gravedad en las zonas móviles, probablemente asociadas con la existencia de «raíces» de baja densidad, parece muy improbable a algunos geólogos, la existencia de un largo período de estabilidad postorogénica. Esto ha sido observado en varios casos por De Sitter (1952, pág. 306), quien sugería que la supuesta conexión causal entre la contracción de la corteza y la subsiguiente surrección, no tenía aplicación universal (también Pannekoek, 1960, página 256-261), y Billings (1960, pág. 391), cree que la actual raíz bajo Sierra Nevada no se formó hasta el final del Terciario o el Cuaternario. El problema de imaginar un mecanismo que ayude a explicar la surrección vertical intermitente (Pannekoek, 1960) ha traído como consecuencia las teorías que implican la recuperación isostática debida a la denudación erosiva de una corteza algo resistente (King, L. C., 1955; Pugh, 1955; Jacobs y otros, 1959, página 100), o bien una surrección debida a acumulación de calor en la corteza (Wolfe y Swarzenski, 1960, pág. 65), o una compleja serie de movimientos orogénico-isostático-epirogénicos asociados con espasmos de «desplazamientos continentales» activados por corrientes profundas de convección (Geyl, 1960, pág. 158).

El segundo problema que plantea el intento de aplicar el simple razonamiento de Davis a la surrección postorogénica de las zonas orogénicas es que, no sólo falta la estabilidad del nivel de base, sino que cuando se aplica a cadenas de montañas más jóvenes, existe una marcada falta de tiempo durante el cual puedan haberse desarrollado sucesivamente superficies de erosión extensas, por lo menos a las velocidades de erosión estimadas normales (Gilluly, 1955, pág. 14). La teoría de los bancos de piedemonte de Walther Penck fue ideada especialmente para salvar estas dos dificultades, y es significativo que la única explicación importante de esta idea en los Estados Unidos fue hecha por Sauer (1931, págs. 212-213) en la costa de California. Es verdaderamente en una tal zona tectónica joven, en la que las anteriores dificultades de tiempo se hacen particularmente aparentes (Lees, 1955), cuando la historia de esta tan móvil región se puede suponer que incluye los períodos masivos de prolongada estabilidad necesarios para que se desarrollen superficies de erosión del tipo Davisiano. Así, Willis (1925, pág. 67) admitía la evidencia de dos ciclos de erosión en el Gabilan Range desde el final del Plioceno; Trask (1926, pág. 293), que la costa de Santa Lucía había sido casi completamente arrasada durante el Pleistoceno, luego elevada a unos 4.500 pies y erosionada hasta obtener las actuales montañas; y Putnam (1942, pág. 749) en la región de Ventura, se vio forzado a comprimir en el mismo corto espacio de tiempo la deposición de 4.000-6.000 pies de sedimentos, su subsiguiente deformación, su erosión hasta su última madurez, elevación vertical hasta unos 1.000 pies, y erosión para producir el relieve actual. Davis mismo, cuando se

trasladó a California, en donde pasó sus últimos años, empezó a reconocer los problemas presentados por las jóvenes cadenas de montañas de la costa del Pacífico, y a la edad de ochenta años escribió:

«... la escala en que se ha producido la deposición, deformación y denudación de miles y miles de pies en este joven país, es diez o veinte veces mayor que la de los procesos semejantes en mi vieja tierra. Al cambiar de residencia de un lado al otro del continente, un geólogo debe aprender de nuevo su cartilla para amoldarse a su nuevo contorno» (Davis, 1930, pág. 404).

La sencilla aplicación del eustatismo glacial, el más obvio aspecto de la concepción de Suess, comenzó a desacreditarse hacia la mitad de los años 30. Ya en 1915 Barrell se había ocupado sistemáticamente de los factores involucrados en los movimientos de la línea de costa, y había apuntado las complicaciones epirogénicas y orogénicas. Wright (1914) mostró la cantidad de plegamientos a que habían estado sujetas las playas elevadas inglesas, y más tarde (1918) expuso algunas de las evidencias que podían servir de base para el reconocimiento de las playas elevadas. Aproximadamente al mismo tiempo se puso sobre el tapete los efectos de los cambios de nivel del mar sobre las líneas de corriente, juntamente con la posibilidad de utilizar estas últimas para la estimación de antiguos niveles del mar, y Baulig (1927), en oposición a las ideas de Davis, sugirió que el descenso del nivel del mar debía ir acompañado de una degradación aguas arriba y un abarrancamiento aguas abajo. Este razonamiento fue seguido por Sandford (1929) en su trabajo en el Valle del Nilo. R. A. Daly, quien ya ha sido mencionado como un decidido defensor de los cambios relacionados con los movimientos glaciales eustáticos, se fue impresionando cada vez más por las recientes modificaciones de las líneas de costa, debidas a las propiedades físicas de la corteza (1925), y en su importante libro «El mundo cambiante de la era glacial» (1934, pág. 180), dice que «... no puede adoptarse el simple criterio de la emergencia eustática, basado en la sencilla idea de que este proceso da señales de líneas de costa a altura constante en el mundo entero». Ningún ejemplo mejor de las dificultades con que tropiezan los defensores de la teoría glacial eustática, que la historia de la Comisión de las Terrazas Pliocenas y Cuaternarias, iniciada en los siguientes términos:

«Estudio de las terrazas costeras y fluviales con el fin de determinar la posible existencia de niveles constantes y de fijar su secuencia, especialmente a lo largo de la costa Occidental de Europa y de la Cuenca Mediterránea» (Unión Geográfica Internacional 1928, rep. 1, pág. 3).

Entre 1928 y 1934 aparecieron cuatro informes de la Comisión, pero desde entonces sólo dos se han publicado, el último de antigüedad de 1948, que lleva la siguiente significativa introducción editorial de Henri Baulig:

«No parece que estos meritorios esfuerzos, ni cualquiera de las innumerables notas publicadas en todo el mundo, han dado lugar a un notable progreso en esta materia...; más bien da la impresión de un persistente desacuerdo,

por no decir de una creciente confusión. Esto se debe indudablemente a la dificultad intrínseca del problema, más grande de lo que parecía a primera vista, y a la diversidad de regiones estudiadas. Pero no ayuda nada señalar que, cuando se enfrentan con los mismos problemas, los observadores de diferentes países o diferentes «escuelas» muestran una marcada y a veces exclusiva preferencia por uno u otro método de recoger e interpretar los datos. Parece que cada grupo se encierra en un círculo de concepciones difícilmente penetrable por una influencia externa» (Unión Geográfica Internacional, 1948, rep. 6, pág. 3).

Es interesante señalar la constitución de una Comisión internacional para investigar y correlacionar las superficies de erosión alrededor del Atlántico (Unión Geográfica Internacional, 1956), al menos por el tono densamente eustático contenido en los términos de referencia. Muchos de los obstáculos que la relativa abundancia de datos de campo del Pleistoceno opone a la identificación y correlación de superficies de escaso nivel, faltan para elevaciones mayores, por lo que cabe esperar la continuación de sus correlaciones.

La creciente idea de la inestabilidad inherente a las áreas continentales, que al mismo tiempo ha sido causa y parcial efecto de la declinación de la sencilla teoría eustática, se ha visto muy reforzada por las modificaciones que el concepto de diastrofismo periódico ha sufrido durante los últimos cuarenta años. Este concepto, muy bien expuesto por Chamberlin (1909, pág. 689) y sostenido por la mayor parte de los tectonicistas en el comienzo del siglo xx, brotó principalmente del trabajo de Suess. Se creyó que las principales orogénias eran sincrónicas y mundiales, como lo indicaban las mayores discordancias, que permitían definir los períodos geológicos. De estos conceptos Davis tomó la idea de cortos períodos de actividad separados por largos períodos de calma. No es éste lugar para revisar la complicada disputa que desde entonces ha venido asociada al diastrofismo periódico; pero la crítica de la periodicidad mundial, hecha por Shepard (1923), y el concepto de una deformación crustal más continua, sustentado por Gilluly (1949), son sintomáticos de una creciente incredulidad en la realidad de largos períodos de calma absoluta. Nadie puede dudar de que, localmente, se han producido intensos movimientos orogénicos, seguidos de más largos períodos de relativa calma; pero los estudios geológicos, cada vez más detallados, han puesto el énfasis en la inestabilidad fundamental de la corteza. Otra evidencia ha conducido a la misma conclusión. A. Penk (1909, pág. 68) ha deducido una reciente elevación de los Alpes a base de los gradientes de los valles, y está asociado con la recuperación isostática de la región del Báltico, aparente hace tiempo. La evidencia más espectacular de los movimientos terrestres recientes y contemporáneos, que muchas veces afectan a áreas largo tiempo consideradas como plataformas continentales sumamente estables, se ha obtenido por las diferencias observadas entre sucesivas nivelaciones geodésicas de precisión. Estas nivelaciones comenzaron en Finlandia antes del final del siglo xix, pero

incluso en áreas menores evidentes se han observado amplios cambios verticales. Schmidt (1922) obtuvo subsidencias hasta de 90 cm. en Francia durante el período 1860-1890 (Gilluly, 1949, pág. 566) (1); Stille (1936 b, págs. 855-856) señaló una reciente elevación del macizo del Rhin de cerca de 1 m m. por año, una subsidencia del área sub-alpina de Baviera de 1-6 cm. en veinte años, y sugirió que Munich se había acercado unos 12 cm. hacia los Alpes en los últimos cincuenta años; Gilluly (1949) se refiere a una elevación que llega hasta 8 pulgadas durante el período 1906-1944 en un arco del sur de California; y Mestchéryakov y Sinyaguina (1956, pág. 77) proponen que hay movimientos tectónicos contemporáneos responsables de las velocidades de elevación de partes de la plataforma occidental de Rusia, que llegan hasta 10 m m. por año. Por cierto, es interesante que, en general, los geólogos rusos hace tiempo que creen en la importancia de los movimientos tectónicos recientes y contemporáneos de la corteza (Karpinski, 1894; Lichkov, 1934; Nicolaiev, 1949; Dumitrasko y otros, 1951, pág. 76). Stille (1955, pág. 173) ha señalado que muchos de los anteriores movimientos no pueden explicarse simplemente por una recuperación glacial isostática, lo que parece confirmarse por las diferencias observadas (Edge, 1959) entre la segunda y tercera nivelación geodésica de Inglaterra y Gales (1912-1921, 1952-1956), durante las cuales se reconocieron elevaciones de hasta 0.5 pies y subsidencias que llegaron a 0.15 pies. No parece que todas las anteriores diferencias puedan ser despreciadas como errores de los aparatos; pero aunque muchas de ellas pueden explicarse así posteriormente, ya han hecho bastante tambaleando la fe de los geomorfólogos en una corteza rígida. No parece sorprendente que Gutenberg (1941, pág. 730) concluyera que las actuales mediciones de las mareas no mostraban cambios del nivel del mar regulares y simultáneos en todas las estaciones. Aunque las modernas observaciones tienden a sobreestimar las oscilaciones eustáticas glaciales (Donn y otros, 1962), sólo pocos observadores intentan todavía correlaciones mundiales del Pleistoceno, basadas únicamente en una elevación en relación con el actual nivel del mar.

En resumen, durante el pasado cuarto de siglo el modelo de Suess de movimientos eustáticos superpuestos a una corteza rígida, ha quedado seriamente desvalorizado, y con él la posibilidad de establecer correlaciones cíclicas de las estructuras, en gran escala, sobre la simple base altura/tiempo. No deja de ser una ironía que frecuentemente los avances geológicos que primero parecían fortalecer la teoría eustática, después han ayudado a desacreditarla. Así, pasada la mitad de los años 30 (Daly, 1936; Kuenen, 1950, págs. 509-525), los cañones submarinos comienzan a considerarse por muchos autores como características esencialmente submarinas producidas por corrientes de turbidez. Otra similar oscilación de opinión la constituye el reemplazamiento de las zo-

(1) Este resultado ha sido puesto en duda posteriormente (comunicación personal de Gilluly, 1962).

nas costeras oceánicas extensas, primero por «geoanticlinales» (Barrell, 1925, página 16; Kay, 1937, pág. 302; 1942, pág. 1.620; Thom, 1937) y después por arcos de islas. De la primera descripción de las características de los modernos arcos de islas, dada por Umbgrove (1934), Hess (1939, 1940), sugirió que el arco de islas se forma en las primeras fases del desarrollo orogénico geosinclinal y es responsable de las características sedimentarias anteriormente adscritas a la zona costera (Hardley, 1947, págs. 335-338). Por consiguiente, ya no fue necesario relacionar la aparición y desaparición de extensas zonas costeras con cambios en la capacidad de las cuencas oceánicas, y las críticas del mecanismo por el cual pueden producirse grandes cambios eustáticos (por ejemplo, De Martonne, 1929, págs. 125-132), permanecen sin respuesta.

Es difícil resumir las diferentes posiciones geomorfológicas en relación con los problemas diastróficos a causa de la variedad de reacciones que se han producido por las desilusiones, fracasos y despistes que se acaban de exponer. Muchos estudiosos en Alemania y Europa Oriental continúan considerando un adecuado análisis de las estructuras como irrevocablemente asociado con el reconocimiento de la importancia de movimientos diastróficos de larga duración. Por otra parte, los geomorfólogos de Inglaterra, Francia y Estados Unidos, continúan escépticos en cuanto a los sistemas geomorfológicos que suponen actividades diastróficas, mientras que se encuentran cada vez más reacios a admitir correlaciones en gran escala de las estructuras, basadas en la supuesta identificación de los niveles de base eustáticos. De todos los países mencionados, en Inglaterra, que muchos de sus más distinguidos geomorfólogos habían aceptado ampliamente la teoría eustática, se han sentido intranquilizados por el cambio de pensamiento diastrófico que se ha producido durante la presente centuria, y es interesante a la vista de lo que ha sucedido, observar los actuales intentos (por ejemplo, Brown, 1961) para llenar el vacío dejado por el colapso de la «gran generalización unificadora» de Suess.

#### BIBLIOGRAFÍA

- AGRY, C. B. (1855): *On the computation of the effect of the attraction of mountain masses as disturbing the apparent astronomical latitude of stations in geodetic surveys.* «Royal Soc. Philos. Trans.», v. 145, pp. 101-104.
- ANTEVS, E. (1929): *Quaternary marine terraces in non-glaciated regions and changes of level of land and sea.* «Am. Jour. Sci.», 5.ª ser., v. 17, pp. 35-49.
- AXELROD, D. I. (1957 a): *Late Tertiary floras and the Sierra Nevada uplift.* «Geol. Soc. America Bull.», v. 68, pp. 19-46.
- — (1957 b): *Paleoclimate as a measure of isostasy.* «Am. Jour. Sci.», v. 255, pp. 690-696.
- BAILEY, E. B. (1930): *A new light on sedimentation and tectonics.* «Geol. Mag.», v. 67, pp. 77-92.
- BARRELL, J. (1914): *The upper Devonian delta of the Appalachian geosyncline.* «Am. Jour. Sci.», 4.ª ser., v. 37, pp. 225-253.
- — (1915): *Factors in movements of the strand line and their results in the Pleistocene and Post-Pleistocene.* «Am. Jour. Sci.», 4.ª ser., v. 40, pp. 1-22.

- BARRELL, J. (1917): *Rhythms and the measurement of geologic time*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 28, pp. 745-904.
- (1919): *The status of the theory of isostasy*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 48 pp. 291-338.
- (1925): *The nature and environment of the Lower Cambrian sediments of the Southern Appalachians*. «Am. Jour. Sci.», 5.<sup>a</sup> ser., v. 9, pp. 1-20.
- BAULING, H. (1927): *La Crau et la glaciation würmienne*. «Annales de Géographie», v. 36, pp. 33-39.
- (1928): *Le Plateau Central de la France et sa bordure Méditerranéenne*. Paris, Armand Colin, 590 pp.
- (1935): *The Changing sea level*. «Inst. British Geographers», pub. núm. 3, 46 pp.
- (1957): *La géomorphologie en France jusqu'en 1940*, pp. 27-35. Chabot, G., Editor, «La géographie française au milieu du XX<sup>e</sup> siècle», Paris, J. B. Baillière et fils, 333 pp.
- BEQUEREL, H. (1896): *Sur les radiations émises par phosphorescence (etc.)*. «Comptes Rendus», v. 122, pp. 420, 501, 689.
- BERTRAND, M. (1884): *Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord*. «Géol. Soc. France Bull.», 3.<sup>a</sup> ser., v. 12, pp. 318-330.
- (1897): *Structures des Alpes françaises et récurrence de certains facies sédimentaires*. «16.<sup>a</sup> Internat. Geol. Cong. (1894)», Zürich, Rept., pp. 163-177.
- BILLINGS, M. P. (1900): *Diastrrophism and mountain building*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 71, pp. 363-398.
- BORN, A. (1923): *Isostasie und schwereermessung*. «Ihre bedeutung für geologische vorgänge», Berlin, Julius Springer, 160 pp.
- BOULE, M., CARTALLHAC, E., VERNEAU, R., y VILLENEUVE, L. de (1906-1911): *Les grottes de Grimaldi*, Monaco, Imprimerie de Monaco, v. 1, 362 pp.
- LOWIE, W. (1921): *The relation of isostasy to uplift and subsidence*. «Am. Jour. Sci.», 5.<sup>a</sup> ser., v. 2, pp. 1-20.
- (1927): *Isostasy*. New York, E. P. Dutton and Co., Inc. 215 pp.
- BRIQUET, A. (1911): *Sur la morphologie de la partie médiane et orientale du Massif Central*. «Annales de Géographie», v. 20, pp. 30-43, 122-142.
- BROWN, E. H. (1960): *The relief and drainage of Wales*. Cardiff, Univ. Waes Press, 189 pp.
- (1961): *Britain and Appalachia: A study in the correlation and dating of planation surfaces*. «Inst. British Geographers Trans.», núm. 29, pp. 91-100.
- BUCHER, W. H. (1933): *The deformation of the earth's crust*. Princeton, N. J., Princeton Univ. Press, 518 pp.
- (1939): *Deformation of the earth's crust*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 50 pp. 421-431.
- CAMPBELL, M. R. (1933): *Chambersburg (Harrisburg) peneplain in the piedmont of Maryland and Pennsylvania*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 44, pp. 553-573.
- CARDER, D. S., y SMALL, J. B. (1948): *Level divergence, seismic activity and reservoir loading in the Lake Mead area, Nevada and Arizona*. «Am. Geophys. Union Trans.», v. 29, pp. 767-771.
- CHAMBERLIN, T. C. (1909): *Diastrrophism as the ultimate basis of correlation*. «Jour. Geology», v. 17, pp. 685-693.
- CHAPUT, E. (1928): *Les terrasses des régions atlantiques françaises*. «Internat. Geog. Union, Comm. on Pliocene and Pleistocene Terraces», Rept., núm. 1, pp. 69-94.
- COOKE, C. W. (1930): *Correlation of coastal terraces*. «Jour. Geology», v. 38, pp. 577-589.
- CURIE, P., y CURIE, M. (1899): *Effets chimiques produits par les rayons de Becquerel*. «Comptes Rendus», v. 129, pp. 823-825.
- CURIE, P., y LABORDE, A. (1903): *Sur la chaleur dégagée spontanément par les sels de radium*. «Comptes Rendus», v. 136, pp. 673-675.
- DALY, R. A. (1905): *Accordance of summit levels among Alpine mountains*. «Jour. Geology», v. 13, pp. 105-125.

- DALY, R. A. (1910): *Pleistocene glaciation and the coral reef problem*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 30, pp. 297-308.
- (1919): *The coral reef zone during and after the glacial period*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 48, pp. 136-159.
- (1925): *Pleistocene changes of level*. «Am. Jour. Sci.», 5.<sup>a</sup> ser., v. 10, pp. 281-313.
- (1934): *The changing world of the ice age*. New Haven, Conn., Yale Univ. Press, 271 pp.
- (1936): *Origin of submarine canyons*. «Am. Jour. Sci.», 5.<sup>a</sup> ser., v. 31, pp. 401-420.
- DAVIS, W. M. (1889): *The rivers and valleys of Pennsylvania*. «Natl. Geog. Mag.», v. 1, pp. 183-253.
- (1904): *Complications of the geographical cycle*. «8.<sup>o</sup> Internat. Geog. Cong.», Washington Pro., pp. 150-163.
- (1905): *The bearing of physiography upon Suess' theories*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 19, pp. 265-273.
- (1919): *The framework of the earth*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 48, pp. 225-241.
- (1930): *The desert of the great southwest*. «Harvard Graduates' Mag.», v. 38, pp. 395-404.
- DE GEER, G. (1892): *Quaternary changes of level in Scandinavia*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 3, pp. 65-68.
- DE LAMOTHE, R. (1911): *Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne*. «Géol. Soc. France Mem.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 1, 288 pp.
- (1916): *Les anciennes lignes de rivage du bassin de la Somme et leur concordance avec celles de la Méditerranée occidentale*. «Acad. Sci.», Paris, Comptes Rendus, v. 162, pp. 948-951.
- (1918): *Les anciennes nappes alluviales et lignes de rivage du bassin de la Somme et leurs rapports avec celles de la Méditerranée occidentale*. «Géol. Soc. France Bull.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 18, pp. 3-58.
- DE LAPPARENT, A. (1906): *Traité de géologie*. Paris, Masson et Cie, 1911 pp.
- DEMANGEON, A. (1910): *Le relief du Limousin*. «Annales de Géographie», v. 19, pp. 120-149.
- DE MARTONNE, E. (1907): *Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie*. «Annales de Géographie Rev.», v. 1, pp. 1-247.
- (1929): *La morphologie du Plateau Central de la France et l'hypothèse eustatique*. «Annales de Géographie», v. 38, pp. 113-132.
- DÉPERET, C. (1906): *Les anciennes lignes de rivage de la côte française de la Méditerranée*. «Géol. Soc. France Bull.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 6, pp. 207-230.
- GRABAU, A. W. (1913): *Principles of stratigraphy*. New York, A. G. Seiler, 1185 pp.
- (1920-1921): *Textbook of geology*. London, George G. Harrap and Co., Ltd., v. 1, 864 pp., v. 2, 976 pp.
- (1936): *Oscillation or pulsation*. «16.<sup>o</sup> Internat. Geol. Cong.» (1933), Washington, Rep., 1, pp. 539-553.
- GUNN, R. (1949): *Isostasy-extended*. «Jour. Geology», v. 57, pp. 263-279.
- GUNTENBERG, B. (1914): *Über Erdbebenwellen VIIA. Beobachtungen an Registrierungen von Fernbeben in Göttingen und Folgerungen über die Konstitution des Erdkörpers*. «Nachr. Gesell. Wiss. Göttingen, math.-physikal. Kl.», pp. 166-218.
- (1941): *Changes in sea level, postglacial uplift and mobility of the earth's interior*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 52, pp. 721-772.
- HAUG, E. (1900): *Les geosynclinaux et les aires continentales: contribution à l'étude des transgressions et des regressions marines*. «Géol. Soc. France Bull.», 3.<sup>a</sup> ser., v. 28, pp. 617-711.
- (1907): *Traité de géologie*. «Les phénomènes géologiques». Paris, Armand Colin, v. 1, 538 pp.

- HAUG, E. (1908-1911): *Traité de géologie*. «Les périodes géologiques». Paris, Armand Colin, v. 2, 1486 pp.
- HAYFORD, J. F. (1911): *The relations of isostasy to geodesy, geophysics and geology*. «Science», new ser., v. 33, pp. 199-208.
- HEIM, A. (1878): *Untersuchungen über den mechanismus der gebirgsbildung*. Basel, Benno Schwabe, v. 1, 346 pp.; v. 2, 246 pp.
- HEIM, A., y DE MARGERIE, F. (1888): *Les dislocations de l'écorce terrestre*. Zurich, J. Wurster and Co., 154 pp.
- HESS, H. H. (1939): *Island arcs, gravity anomalies and serpentine intrusions. A contribution to the ophiolite problem*. «17.<sup>e</sup> Internat. Geol. Cong.» (1937), Moscow, Rept., v. 2, pp. 263-283.
- (1940): *Appalachian periodotite belt: Its significance in sequence of events in mountain building (Abstract)*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 51, p. 1996.
- HOBBS, W. H. (1914): *Eduard Suess*. «Jour. Geology», v. 22, pp. 811-817.
- HUBBERT, M. K. (1945): *Strength of the earth*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 29, pp. 1630-1653.
- HUDSON, R. G. (1924): *On the rhythmic succession of the Yoredale Series in Wensleydale*. «Yorkshire Geol. Soc. Proc.», v. 20, pp. 1-11.
- INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL UNION (1928-1948): *Reports of the Commission on Pliocene and Pleistocene Terraces*. No. 1, 1928; no. 2, 1930; no. 3, 1931; no. 1934; no. 5, 1938; no. 6, 1948.
- DÉPERET, C. (1918-1922): *Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires*. «Acad. Sci.», Paris, Comptes Rendus v. 166, pp. 480-486, 636-641, 884-889; v. 168, pp. 868-873; v. 170, pp. 159-163; v. 171, pp. 212-218; v. 174, pp. 1502-1505, 1594-1598.
- (1921): *La classification du Quaternaire et sa corrélation avec les niveaux préhistoriques*. «Géol. Soc. France», Comptes Rendus, pp. 125-127.
- DE SITTER, L. U. (1952): *Pliocene uplift of Tertiary mountain chains*. «Am. Jour. Sci.», v. 250, pp. 297-307.
- DONN, W. L., FARRAND, W. R., y EWING, M. (1962): *Pleistocene ice volumes and sea-level lowering*. «Jour. Geology», v. 70, pp. 206-214.
- DUBOIS, G. (1925): *Sur la nature des oscillations de type Atlantique des lignes de rivage quaternaires*. «Géol. Soc. France Bull.», v. 25, pp. 857-878.
- DUMITRASKO, N. V., KAMANIN, L. G., y MESTCHERYAKOV, J. A. (1951): *De l'état actuel de la géomorphologie et de ses problèmes*. «Izv. Akad. Nauk SSSR.», ser. geog., pp. 71-82.
- DU TOIT, A. L. (1937): *Our wandering continents*. Edinburgh, Oliver and Boyd, 336 pp.
- DUTTON, C. E. (1889): *On some of the greater problems of physical geology*. «Philos. Soc. Washington Bull.», no. 11, pp. 51-64.
- EARDLEY, A. J. (1947): *Paleozoic cordilleran geosyncline and related orogeny*. «Jour. Geology», v. 55, pp. 309-342.
- EDGE, R. C. A. (1959): *Some considerations arising from the results of the 2nd and 3rd levelling of England and Wales*. «Bull. Geod.», new ser., no. 52, pp. 28-36.
- GEYL, W. F. (1960): *Geophysical speculations on the origin of stepped erosion surfaces*. «Jour. Geology», v. 68, pp. 154-176.
- GIGNOUX, M. (1913): *Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du sud et de la Sicile*. «Univ. Lyon Annales», new ser., v. 1, 693 pp.
- GILBERT, G. K. (1885): *Postglacial changes of level in the basin of Lake Ontario (Abstract)*. «Science», v. 6, pp. 222.
- (1890): *Lake Bonneville*. «U. S. Geol. Survey Mon.», v. 1, p. 438.
- (1895): *A new light on isostasy*. «Jour. Geology», v. 3, pp. 331-334.
- GILLULY, J. (1949): *Distribution of mountain building in geologic time*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 60, pp. 561-590.

- GILLULY, J. (1955): *Geology contrasts between continents and oceans*. «Geol. Soc. America Special Papers», 62, pp. 7-18.
- INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL UNION (1956): *Premier rapport de la Comisión pour l'étude et la corrélation des niveaux d'érosion et des surfaces d'aplanissement autour de l'Atlantique*. «9.<sup>a</sup> General Assembly», Rio de Janeiro, v. 4, p. 546.
- JACOBS, J. A., RUSSELL, R. D., y WILSON, J. T. (1959): *Physics and geology*. New York, McGraw Hill Book Co., 424 pp.
- JOHNSON, D. W. (1931): *Stream sculpture on the Atlantic slope*. New York, Columbia Univ. Press, 142 pp.
- (1932): *Principles of marine correlation*. «Geog. Rev.», v. 22, pp. 294-298.
- JOLY, J. (1909): *Radioactivity and geology*. London, Archibald Constable and Co., Ltd., 287 pp.
- (1925): *The surface history of the earth*. Oxford, Clarendon Press, 211 pp.
- JONES, O. T. (1938): *On the evolution of a geosyncline*. «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 94, pp. IX-cx.
- KARPINSKI, A. P. (1894): *General character of the oscillation of the earth's crust in the region of European Russia*. «Akad. Nauk., Izv.», no. 1.
- KAY, G. M. (1937): *Stratigraphy of the Trenton Group*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 48, pp. 233-302.
- (1942): *Development of the northern Allegheny synclinorium and adjoining regions*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 53, pp. 1601-1658.
- KING, L. C. (1955): *Pediplanation and isostasy: An example from South Africa*. «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 111, pp. 353-359.
- (1962): *The morphology of the earth*. Edinburgh, Oliver and Boyd, 699 pp.
- KING, P. B. (1955): *Orogeny and epirogeny through time*. «Geol. Soc. America Special Paper 62», pp. 723-740.
- KRUMBEIN, W. C., y SLOSS, L. L. (1951): *Stratigraphy and sedimentation*. San Francisco, W. H. Freeman and Co., 437 pp.
- KRYNINE, P. D. (1941): *Differentiation of sediments during the life history of a landmass (Abstract)*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 52, pp. 1915.
- KUENEN, Ph. H. (1950): *Marine geology*. New York, John Wiley and Sons, Inc., 568 pp.
- (1955): *Sea level and crustal warping*. «Geol. Soc. America Special Paper 62», pp. 193-204.
- LANDES, K. L. (1951): *Petroleum geology*. New York, John Wiley and Sons, Inc., 660 pp.
- LEES, G. M. (1955): *Recent earth movements in the Middle East*. «Geol. Rundschau», v. 43, pp. 221-226.
- LEVERETT, F. (1928): *Results of glacial investigations in Pennsylvania and New Jersey in 1926 and 1927 (Abstract)*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 39, p. 151.
- LEVERETT, F., ALDEN, W. C., JOHNSON, D. W., y DAVIS, W. M. (1922): *Review and critique of the Penck, Brückner, de Geer, Déperet systems (Symposium)*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 33, pp. 472-485.
- LEVORSEN, A. I. (1931): *The Pennsylvanian overlap in the United States*. «Am. Assoc. Petroleum Geologist Bull.», v. 15, pp. 113-148.
- LICHKOV, B. L. (1934): *On the epirogenic movements of the earth's crust in the Russian Plain*. «Akad. Nauk SSSR, Geomorf. Inst.», Trudy vypusk 10.
- LONGWELL, C. R. (1960): *Interpretation of the levelling data: Comprehensive survey of sedimentation in Lake Mead, 1948-1949*. «U. S. Geol. Survey Prof. Paper 295», pp. 33-38.
- LUGEON, M. (1901): *Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse*. «Géol. Soc. France Bull.», v. 4, pp. 723-825.
- MESTCHERYAKOV, J. A., y SINYAGINA, M. I. (1956): *Les mouvements contemporains de l'écorce terrestre et les méthodes de leur étude: Essais de géographie, recueil des articles pour le*

- XVIII.º Congrès International Géographique. «Moscow, Acad. des Sci. de l'URSS», pp. 71-81.
- MOHOROVICIC, A. (1910): *Das Beben vom 8.X. 1909*. «Jahrbuch Meteorol. Observatory Zagreb», no. 9, v. 4, A. I., 63 pp.
- MOLENGRAFF, G. A. F. (1930): *The coral reefs of the East Indian Archipelago, their distribution and mode of development*. «4.º Pacific Sci. Cong., Java, Proc.», v. 2, pp. 55-89.
- MOORE, R. C. (1931): *Pennsylvania cycles in the northern mid-continent region*. «Ill. State Geol. Survey Bull.», 60, pp. 247-257.
- (1936): *Stratigraphic evidence bearing on problems of continental tectonics*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 47, pp. 1785-1808.
- NEWBERRY, J. S. (1873): *Cycles of deposition in American sedimentary rocks*. «Am. Assoc. Advance Sci. Proc.», v. 22, pp. 185-196.
- NIKOLAIEV, N. L. (1949): *The most recent tectonics in the URSS*. «Komitet Izucheniyu Chetvertich. Perioda», Trud 1.8.
- OLDHAM, R. D. (1906): *The constitution of the earth as revealed by earthquakes*. «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 62, pp. 456-475.
- PANKEKOEK, A. J. (1960): *Post-orogenic history of mountain-ranges*. «Geol. Rundschau», v. 50, pp. 259-273.
- PENCK, A. (1894): *Morphologie der erdoberfläche*. Stuttgart, J. Engelhorn, v. 1, 471 pp., v. 2, 696 pp.
- (1909): *The origin of the Alps*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 41, pp. 65-71.
- (1919): *Die gipfelflur der Alpen*. «Preussisches Akad. Wiss. Sitzungsber. 17. math.-physikal. kl.», pp. 256-268.
- PENCK, A. (1934): *Theorie der bewegung der strandlinie*. «Preussisches Akad. Wiss. Sitzungsber. 18-20, math.-physikal. kl.», pp. 321-348.
- PENCK, A., y BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig, Tauchnitz, 3 v., 1200 pp.
- PENCK, W. (1924): *Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie*. «J. Engelhorn's Nachf.», Stuttgart, Geographische Abhandlungen., 2 Reihe, Heft 2, 283 pp. (Translated by H. Czech and K. C. Boswell, 1953, London, Macmillan, 429 pp.).
- (1925): *Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes*. «Berlin, Zeitschr. Gesell. Erdkunde», pp. 83-108.
- PRATT, J. H. (1855): *On the attraction of the Himalayan mountains of the elevated regions beyond on the plum line in India*. «Royal Soc. Philos. Trans.», v. 145, pp. 53-100.
- (1859): *On the deflection of the plum line in India caused by the attraction of the Himalayan mountains and of the elevated region beyond*. «Royal Soc. Philos. Trans.», v. 149, pp. 745-796.
- PRATT, W. P. (1961): *Local evidence of the Pleistocene to recent orogeny in the Argentine Andes*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 72, pp. 1539-1550.
- PUGH, J. C. (1955): *Isostatic readjustment in the theory of pediplanation*. «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 111, pp. 361-369.
- PUTNAM, G. R. (1930): *Isostatic compensation in relation to geological problems*. «Jour. Geology», v. 38, pp. 590-599.
- PUTNAM, W. C. (1942): *Geomorphology of the Ventura region*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 53, pp. 691-754.
- REID, H. F. (1922): *Isostasy and earth movements*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 33, pp. 317-326.
- RUTHERFORD, E., y McCLUNG, R. K. (1900): *Energy of Röntgen and Becquerel rays and the energy required to produce an ion in gases*. «Royal Soc. Philos. Trans.», v. A196, pp. 25-29.

- RUTHERFORD, E., y SODDY, F. (1902): *The cause and nature of radioactivity*. «Philos. Mag.», 6.º ser., v. 4, pp. 370-396, 569-585.
- SANDFORD, K. S. (1929): *The Pliocene and Pleistocene deposits of Wadi Quena and of the Nile Valley between Luxor and Assiut (Quau)*. «Geol. Soc. London Quart. Jour.», v. 85, pp. 493-548.
- SAUER, C. (1931): *Land forms in the Peninsular Range of California as developed about Warner's Hot Springs and Mesa Grande*. «Univ. California Pubs. in Geography.», v. 3 (1928-1930), pp. 199-248.
- SCHMIDT, M. (1922): *Neuzeitliche erdkrustenbewegungen in Frankreich*. «Bayerische Akad. Wiss. Sitzungsber., math.-physikal. kl.», pp. 1-6.
- SCHUCHERT, C. (1910): *Paleogeography of North America*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 20, pp. 427-606.
- (1923): *Sites and nature of North American geosynclines*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 34, pp. 151-230.
- SHEPARD, F. P. (1923): *To question the theory of periodic diastrophism*. «Jour. Geology», v. 31, pp. 599-613.
- (1933): *Submarine valleys*. «Geogr. Rev.», v. 23, pp. 77-89.
- (1934 a): *American submarine canyons*. «Scottish Geog. Mag.», v. 50, pp. 212-218.
- (1934 b): *Canyons off the New England coast*. «Am. Jour. Sci.», 5.º ser., v. 27, pp. 24-36.
- SPENCER, J. W. (1913): *Relationship between terrestrial gravity and observed earth movement's eastern America*. «Am. Jour. Sci.», 4.º ser., v. 35, pp. 561-573.
- SPIEKER, E. M. (1946): *Late Mesozoic and Early Cenozoic history of central Utah*. «U. S. Geol. Survey Prof. Paper», 205-D, pp. 117-161.
- (1949): *Sedimentary facies and associated diastrophism in the Upper Cretaceous of central and eastern Utah*. «Geol. Soc. America Mem.», 39, pp. 55-82.
- STEPHENSON, L. W. (1928): *Major marine transgressions and regressions and structural features of the Gulf Coastal Plain*. «Am. Jour. Sci.», 5.º ser., v. 14, pp. 281-298.
- STILLE, H. (1936 a): *Die Entwicklung des amerikanischen Kordillerensystems in Zeit und Raum*. «Preussisches Akad. Wiss. Sitzungsber. 15, math.-physikal. kl.», pp. 134-155.
- (1936 b): *The present tectonic state of the earth*. «Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.», v. 20, pp. 849-880.
- (1955): *Recent deformations of the earth's crust in the light of those of earlier epochs*, pp. 171-192 in Poldervaart, Aric, Editor. *Crust of the earth*. «Geol. Soc. America Special Paper 62», 762 pp.
- SUCESS, E. (1875): *Die Entstehung der Alpen*. «Wilhelm Braumüller», 168 pp.
- (1883-1908): *Das antlitz der erde*. «Wien», F. Tempsky, 3 v.
- (1897-1918): *La face de la terre* (Translated by E. de Margerie). Paris, Armand Colin, 3 v. (1897, v. 1; 1900, v. 2; 1902-1918, v. 3).
- (1904): (Translated by C. Schuchert) *Farewell lecture on resigning his Professorship*. «Jour. Geology», v. 12, pp. 264-275.
- (1904-1924): *The face of the earth* (Translated by H. B. C. and W. J. Sollas). Oxford, Clarendon Press, 5 v. (1904, v. 1, 604 p.; 1906, v. 2, 556 p.; 1908, v. 3, 400 p.; 1909, v. 4, 673 p.; 1924, v. 5, 170 p.).
- THOM, W. T. (1937): *Position, extent, and structural makeup of Appalachia*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 48, pp. 315-322.
- THOMSON, C. W., y MURRAY, J. (1880-1895): *Report on the scientific results of the voyage of H. M. S. Challenger during the years 1873-1876*. «(London), Her Majesty's Stationery Office», 50 v. (Narrative), 1882-1884, 2 v.; Zoology, 1880-1889, 32 v.; Botany, 1885-1886, 2 v.; Physics and Chemistry, 1884-1889, 2 v.; Deep sea deposits, 1891, 1 v.; Summary of scientific results, 1895, 2 v.).

- TRASK, P. D. (1926): *Geomorphology of the northern part of the Santa Lucia Coast Range, California*. «Am. Jour. Sci.», 5.<sup>a</sup> ser., v. 12, pp. 293-300.
- UDDEN, J. A. (1912): *Geology and mineral resources of the Peoria quadrangle, Illinois*. «U. S. Geol. Survey Bull.», 506, pp. 47-50.
- UMBGROVE, J. H. F. (1934): *The relations between geology and gravity field in the East Indian Archipelago*, pp. 140-161 in «Gravity expeditions at sea, 1923-1932»; «Deft. Nederlandsch. Geod. Comm. Publ.», v. 2.
- VAN WATERSCHOOT VAN DER GRACHT, W. A. J. M. (1928): Editor, *Theory of continental drift: A symposium on the origin and the movement of land masses both intercontinental and intracontinental*. «Tulsa, Okla., Am. Assoc. Petroleum Geologists», 240 pp.
- VON BUBNOFF, S. (1954): *Grundprobleme der geologie*. Berlin, «Akademie-Verlag», 234 pp.
- VON ZITTEL, K. (1901): *History of geology and palaeontology*. London, Walter Scott, 562 pp.
- WANNESS, H. R., y WELLER, J. M. (1932): *Correlation and extent of Pennsylvanian cyclothems*. «Geol. Soc. America Bull.», v. 43, pp. 1003-1016.
- WEGENER, A. (1915): *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Brunswick, Friedr. Vieweg., 94 pp.
- WELLER, J. M. (1930): *Cyclical sedimentation of the Pennsylvanian Period and its significance*. «Jour. Geology», v. 38, pp. 97-135.
- WIECHERT, E. (1897): *Ueber die massenverteilung im Innern der Erde*. «Nach. Gesell. Wiss. Göttingen, math.-physikal. kl.», pp. 221-243.
- WILLIAMS, H. S. (1897): *On the southern Devonian formation*. «Am. Jour. Sci.», 4.<sup>a</sup> ser., v. 3, pp. 393-403.
- WILLIS, B. (1893): *Conditions of sedimentary deposition*. «Jour. Geology», v. 1, pp. 480.
- — (1909): *Paleogeographic maps of North America*. «Jour. Geology», v. 17, pp. 203-208.
- WILLIS, R. (1925): *Physiography of the California Coast Ranges*. «Geol. Soc. America, Bull.», v. 36, pp. 641-678.
- WOLFE, C. W., y SWARZENSKI, W. V. (1960): *The tectonic significance of the erosion surfaces in north-western Maine*. «Zeit. für Geomorph.», v. 4, pp. 53-68.
- WOOLDRIDGE, S. W. (1951). *The progress of geomorphology, chap 7 in Taylor, Griffith, Editor, Geography in the twentieth century*. London, Methuen, 661 pp.
- WOOLDRIDGE, S. W., y LINTON, D. L. (1939): *Structure, surface and drainage in south-east England (1955 ed.)*. Londres, G. Philip, 176 pp.
- WRIGHT, W. B. (1914): *The Quaternary ice age*. London, Macmillan and Co., Lt., 464 pp.
- — (1928): *The raised beaches of the British Isles*. «Internat. Geog. Union, Comm. on Pliocene and Pleistocene Terraces Rept.», no. 1, pp. 99-106.

Recibido el 15-I-1964.

J. M.ª RIOS

## RELACION DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES PARA INVESTIGACION DE HIDROCARBUROS, LLEVADAS A CABO EN ESPAÑA DURANTE 1963

### RESUMEN

Este trabajo constituye la continuación de los informes que acerca de la investigación de hidrocarburos en España lleva realizados el autor. Está organizado en la misma forma que los anteriores y, junto con ellos, constituye el historial de la investigación.

Comienza con unos comentarios acerca de su estado actual y de su porvenir, y a continuación se expresan las actividades comunicadas por cada compañía, para las diversas zonas, llevadas a cabo durante 1963. Unos cuadros sintetizan las variaciones de los estados de asociación de las compañías, de nuevos permisos, o de renunciaciones a ellos. En diversos mapas se señalan las posiciones generales de los sondeos y las concesiones antiguas y nuevas de permisos.

La información que se suministra procede directamente de las compañías, y también del Servicio de Hidrocarburos de la Dirección General de Minas y Combustibles para todos aquellos datos que constituyen información pública. El autor no hace otra cosa que obtener, recopilar, ordenar y sistematizar los datos que se le suministran, uniformando su presentación y componiendo cuadros de expresión más rápida. De su propia cuenta no añade más que unos resúmenes y comentarios generales de actividades

### SUMMARY

This work is the continuation of the author's series of reports on the activities in oil exploration in Spain since their beginning. It is built up with the same structure of former reports, and all of them together sum up to a complete history of the development of the research. It starts with general comments on the actual and future outlook of activities. Follows a systematic exposition of the activities developed by each company during 1963, in the different zones. In several tables are shown the changes or novelties in associations or in permits. The general locations of the permits and wells are shown in maps.

All the information has been provided for, either directly by the companies themselves, or by the Hydrocarbons Office of the Bureau of Mines for all the data which are officially public. The only contribution of the author consists on the obtention, recopilation and systematization of the data, and giving uniformity to their presentation which is systematized in tables of more rapid interpretation. Of his own there are only some running commentaries on present activities and future outlook.



## P R E A M B U L O

Sólo la noción de que servimos al país y al público, informando acerca de tan importantes actividades, nos anima a continuar esta pesada tarea que hemos asumido por cuenta propia. También pensamos en los geólogos, que de esta manera tienen fácil acceso a una preciosísima información que de otro modo les estaría vedada.

Todo ello es posible, en primer lugar, gracias a la amabilidad y esfuerzo de las compañías, a las que he de molestar año tras año, y además con perentoriedades, ya que esta misma información, resumida y tabulada en otro sistema, se suministra cada año para la American Association of Petroleum Geologists. La información no puede ser solicitada antes de terminar el año, si ha de ser completa, pero la A. A. of P. G. la pide para mediados de febrero, ya que allí ha de ser adaptada y acoplada a sus propios sistemas y formatos, para aparecer en forma uniforme con las de otros países en su «Boletín» de julio, que tiene tradicionalmente dedicado a la información de las actividades mundiales de investigación de hidrocarburos. De modo que para el autor resulta una tarea casi febril, a realizar en menos de un mes, ya que ha de sumarse como una actividad suplementaria de sus habituales ocupaciones.

Expreso gustoso mi profundo agradecimiento al Servicio de Hidrocarburos, que tan completa como rápidamente suministra la información, a las compañías todas y a los señores D. Félix Contonente y D. José María Giner, que me han ayudado muy eficazmente en la recopilación y ordenación de datos.

Como en el año anterior, y por las mismas razones, me limito a presentar las actividades durante el año 1963, y prescindo de los resúmenes y cuadros generales, y de la información de orden general ya suministrada, en el transcurso de los años, cuando no ha experimentado modificación. Igualmente prescindo de los mapas que registran la totalidad de actividades desde 1939. Toda esa información puede completarse con la consulta de las memorias anteriores.

## ACTIVIDADES DE LAS COMPAÑIAS \*

## ZONA I.—PENINSULA

## A) RESUMEN DE ACTIVIDADES Y COMENTARIOS GENERALES

No obstante la ampliación del número y de las áreas renunciadas (las primeras renunciadas se iniciaron en 1962), y la retirada de algunas compañías, el interés por la investigación sigue vivo. Algunas compañías han iniciado durante 1963 sus operaciones de perforación, otras han variado o ampliado sus asociaciones. La actividad en investigaciones geológicas y geofísicas no puede decirse que se haya intensificado, pero tampoco ha decaído.

Más o menos saturadas las zonas que en primera consideración se estimaron como interesantes, las actividades de investigación se han desplazado a nuevas áreas, sobre todo a la zona SE. de la Península, desde la terminación meridional de las Cadenas Ibéricas y su enlace con las Costero Catalanas hasta la Costa Atlántica andaluza, tanto en el Valle del Guadalquivir, como en las zonas Prebéticas y Subbéticas, en la más amplia expresión de la palabra, aunque en forma discontinua, según las circunstancias, a todo lo largo de la cadena.

Aunque con menor intensidad, también se ha manifestado algún interés por las zonas marginales de las cadenas cántabro-astures.

No ha cuajado, en cambio, el interés por los basamentos hercinianos, que en algún momento parecieron llamar la atención de las compañías.

Las actividades de perforación mantienen el nivel aproximado del año 1962, con la terminación de cinco sondeos iniciados en 1962, dieciséis iniciados y terminados en 1963, dos iniciados en 1962 y dos empezados en 1963 y cuya perforación continuaba a principios de 1964. Se ha trabajado en total en veinticinco perforaciones distintas llevadas a cabo por once compañías.

La asociación COPAREX-INI, constituida en 1962, que hasta ahora había realizado solamente labores de investigación y preparación, lleva a cabo sus primeros sondeos.

AMOSPAIN-CAMPSA ha completado seis sondeos, con un total de 5.302 metros de perforación. Dos de ellos dieron indicios de gas y petróleo sólido.

(\*) Para la interpretación de las siglas de las compañías, su carácter y origen, así como su agrupación en asociaciones, y para todos los antecedentes de estas investigaciones, consúltense las relaciones de actividades para los años 1961 y 1962, aparecidas respectivamente en los números 66 (1962) y 70 (1963) de N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA.

CIEPSA-DEILMANN-SPANGOC (1) terminó un sondeo iniciado en 1962 y completó dos durante 1963. Ha perforado en total unos 6.580 metros. Los tres dieron indicios de gas.

COPAREX-INI inicia y termina dos sondeos, sus primeros, con un total de 4.451 metros de perforación. Fluorescencia en ambos.

CPISA (Petrolífera Ibérica), por sus asociadas, inició un sondeo a fines de 1963.

ENPASA terminó un sondeo iniciado en 1962, y completó cuatro durante 1963, perforando un total de 8.904 metros. Sólo un sondeo suministró indicios leves.

ENPENSA terminó un sondeo iniciado en 1962, completó uno en 1963, e inició otro, cuya perforación continuaba a fin de año. Perforó en total 7.925 metros. Uno de ellos dio indicios de gas.

ESSO IBERIA terminó un sondeo iniciado en 1962, y completó dos durante el año 1963, con un total de 7.897 metros perforados. No informa acerca de los resultados.

LECSA reanuda la perforación de un sondeo iniciado en 1962, que continúa a fines del 63.

PHILLIPS termina un sondeo iniciado en 1962, perforando en 1963 unos 2.000 metros, con resultado negativo.

SIPSA trabaja en un sondeo iniciado en 1962, cuya perforación continúa en 1963. Indicios y fluorescencia.

VALDEBRO inicia y termina un sondeo durante 1963, con 2.549 metros de profundidad y resultado negativo.

Por consiguiente, durante 1963 se trabajó en 25 sondeos, 7 de los cuales ya estaban iniciados en 1962 y 16 que se empezaron y terminaron en 1963, y 2 que empezaron en 1962 y cuya perforación continuaba a fin de año.

De esos 25 sondeos, 2 han suministrado fluorescencia, 8 indicios de gas, y 2 de ellos, además, petróleo, y 1, asfaltos sólidos. De modo que en total 11 han suministrado alguna clase de indicios, y de 4 no se ha suministrado información de resultados.

Está funcionando la conducción de gas que une los pozos de CIEPSA en Castillo (Alava), con la factoría de «Esmalterías Alavesas», en Vitoria, en régimen de experimentación de producción. La permeabilidad de las formaciones se manifiesta como reducida.

(1) Por error se señaló en el informe correspondiente a 1962, número 70 de NOTAS Y COMUNICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, que SPANGOC había sido la compañía operadora de esta asociación, siendo así que lo es CIEPSA ininterrumpidamente desde 1940. En el conjunto de las reseñas sólo se señalan los sondeos Treviño 1004 a 1006. En realidad han sido completados los Treviño 1001 a 1006.

De las restantes compañías, que no han llevado a cabo operaciones de perforación, podemos resumir las siguientes actividades:

PHILLIPS OIL CO. ha transferido a PHILLIPS COMPAÑÍA DE HIDROCARBUROS sus derechos y obligaciones en la Península.

La asociación SEPE (PETROFINA)-CIEPSA ha llevado a cabo investigaciones geológicas y geofísicas, en los permisos de Cataluña (en que SEPE substituyó a DEILMANN Y SPANGOC como asociados de CIEPSA durante 1962).

Como única actividad UNIÓN-CIPSA menciona la renuncia a sus concesiones en la Península.

RICHFIELD informa que ha renunciado a todos sus permisos y cesa en sus actividades.

La asociación TIDEWATER-SOHIO no informa acerca de actividad alguna y parece que ha suspendido sus operaciones en la Península.

Se ha llevado a cabo la transferencia de acciones de REPGA a REGAP dentro de las asociaciones de ENPASA y ENPENSA.

Ha solicitado permisos de investigación y han sido concedidos, o están en trámites, los de las siguientes compañías o asociaciones: COPAREX-INI, CPISA, LECSA y SEPE-CIEPSA.

PAHOC (PANAMÉRICA) ha desaparecido del panorama peninsular por traslado de sus compromisos a los permisos del Sahara.

Han presentado peticiones de renuncia a permisos de investigación y tienen concedida o en tramitación las siguientes compañías o asociaciones: CIEPSA-GULF-DEILMANN, ENPASA, ENPENSA, ESSO IBERIA, PANAMERICAN HISPANO OIL CO., PHILLIPS, RICHFIELD-CITIES SERVICE, TIDEWATER-SOHIO y UNIÓN-CIPSA.

En 1962 se ha mantenido en general el nivel de actividades, tanto de investigación como de perforación, pero se manifiesta una tendencia al abandono de las zonas que en primer lugar atrajeron el máximo interés, por otras zonas menos o nada exploradas, y esta tendencia se acentuará durante 1963, aunque todavía se seguirá trabajando en las zonas clásicas. El abandono de concesiones, iniciado en 1962, se ha acentuado en 1963, y la tendencia se acentuará durante 1964 a menos que algún hallazgo interesante dé alguna pista y engendre nuevas esperanzas. En conjunto, en 1964 acusará una regresión de actividades, sobre todo en las de perforación, hasta que se valoren las nuevas áreas, sujetas actualmente a primera exploración.

## RESUMEN

COMPAÑÍAS	Metros perforados durante cada año		N.º de sondeos (Solo los iniciados durante cada año)	
	1963	1962	1963	1962
AMOSPAIN-CAMPSA	5.302	2.817	6	2
CIFPSA-DEILMANN-SPANGOC	6.580	9.000	2	4
COPAREX-INI	4.451	—	2	—
CPISA (y asociadas)	396	—	1	—
ENPASA	8.904	9.900	4	3
ENPENSA	7.925	7.600	2	2
ESSO IBERIA	7.897	7.900	1	1
LECSA	166	510	—	1
PHILLIPS	2.000	4.000	—	1
SIPSA	766	2.000	—	1
VALDEBRO	2.549	2.000	1	—
	46.936	45.727	19	15

## B. ACTIVIDADES DE LAS COMPAÑÍAS

**AMOSPAIN-CAMPSA (Amospain operadora).***Actividades geológicas*

- De superficie, diecinueve y medio meses-equipos.
- De coordinación, doce meses-equipos.
- De estudio en gabinete, veintisiete meses-equipos.

*Actividades geofísicas*

- Cinco meses-equipos de estudios en gabinete.
- Sísmicas*.—Siete y medio meses-equipos.

*Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado		Terminado		Profundidad
General	De la Compañía						
111	CAMPSA 17	La Población 1	24 abril	1963	12 mayo	1963	374,2 m.
114	CAMPSA 18	La Cuenca 1	21 mayo	1963	23 junio	1963	1.013,0 »
116	CAMPSA 19	Cabañas 1	30 junio	1963	10 agosto	1963	904,5 »
118	CAMPSA 20	Arija 1	12 agosto	1963	10 septbre.	1963	1.002,0 »
122	CAMPSA 21	Basconcillos 1	13 septbre.	1963	10 octubre	1963	1.009,4 »
123	CAMPSA 22	Crespo 1	14 octubre	1963	18 nov.	1963	1.000,4 »

111. CAMPSA 17.—*La Población 1*.—En la provincia de Santander, permiso de Bárcena, 0° 14' 56" de longitud O. (Madrid, 00°), y 43° 02' 26" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Cretáceo	0- 35 m.
Keuper	35- 86 m.
Liásico	86-170 m.
Carniolas	170-289 m.
Keuper	289-374 m.

No se realizó ninguna prueba ni dio ningún indicio. Realizado por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

114. CAMPSA 18.—*La Cuenca 1*.—En la provincia de Soria, permiso de Aldehuela, 0° 56' 30" de longitud E. (Madrid, 00°), y 41° 44' 30" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Albense	0- 496 m.
Wealdense	496-1.013 m.

No se realizó ninguna prueba ni dio ningún indicio. Perforado por contrata con IBÉRICA DE PETRÓLEOS, S. A.

116. CAMPSA 19.—*Cabañas 1*.—En la provincia de Santander, en el permiso de Bárcena, 0° 10' 19" de longitud O. (Madrid, 00°), y 42° 59' 12" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Wealdense	0-885 m.
Triásico	885-904,5 m.

No se realizó ninguna prueba ni dio indicio alguno. Perforado por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

118. CAMPSA 20.—*Arija 1*.—En la provincia de Santander, en el permiso de Arija, 0° 14' 13" O. (Madrid, 00°), y 42° 59' 19" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Cretáceo	0- 837 m.
Carniolas	837- 905 m.
Keuper	905-1.002 m.

No se realizó ninguna prueba ni dio ningún indicio. Perforado por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

122. CAMPSA 21.—*Basconillos 1*.—En la provincia de Burgos, permiso de Ubierna, 0° 20' 31" de longitud O. (Madrid, 00°), y 42° 42' 47" de latitud N. Cortó las siguientes formaciones:

Wealdense 0-1.009 m.

Indicios de gas y de petróleo. Perforado este sondeo por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

124. CAMPSA 22.—*Crespo 1*.—En la provincia de Burgos, permiso de Ubierna, 0° 04' 59" de longitud O. (Madrid, 00°), y 42° 53' 40" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Wealdense 0-1.000,4 m.

No se realizaron pruebas. Dio indicios de gas y petróleo sólido. Perforado por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

**CIEPSA-DEILMANN-SPANGOC (Ciepsa operadora).**

*Actividades geológicas*

ZONAS	CLASE DE TRABAJO	Meses Equipo
Permiso de «Vitoria» ... ..	Trabajos de superficie en las áreas de Bilbao-Abornicano, Sierra de Cantabria Urbana, Sur y Suroeste de Vitoria ... ..	14
Permiso de «Cataluña» ... ..	Trabajo de superficie en el área de Artesa de Segre ... ..	3
Permiso de «Levante» ... ..	Trabajos de campo en el área de Alpera ... ..	4
General ... ..	Trabajos relacionados con la geología de campo ... ..	14
Fotogeología ... ..	Trabajos en relación con los informes geológicos de las áreas de Oliana, Bilbao-Abornicano, Vitoria, Sierra de Cantabria ... ..	3

*Actividades geofísicas*

*Gravimetría.*—3/4 de mes-equipos de trabajo de campo en el área de Alpera, en el permiso de «Levante».

*Sísmica.*—Ninguna actividad de campo. Trabajos de reinterpretación y coordinación de gabinete a lo largo de todo el año.

*Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
98	CIEPSA 26	Sanahuja 1 (23)	19 julio 1962	9 febrero 1963	3.510 m.
106	CIEPSA 27	Vitoria O. 1	30 enero 1963	31 mayo 1963	2.527 »
115	CIEPSA 28	Vitoria O. 2	19 junio 1963	17 septbre, 1963	2.543 »

98. CIEPSA 26.—*Sanahuja 1*.—En la provincia de Lérida, zona de Solsona, 05° 03' 40" longitud E. (Madrid, 00°), y 41° 55' 30" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Oligoceno	0-1.470 m.	Conglomerado, areniscas y margas rojas, amarillas y marrones.
Eoceno superior	1.470-2.375 m.	Margas, areniscas y evaporitas.
Eoceno superior	2.375-2.980 m.	Margas arenosas.
Luteciense	2.980-3.238 m.	Calizas, dolomías y anhidrita.
Paleoceno	3.238-3.325 m.	Calizas, dolomías, anhidrita.
Garumnense	3.325-3.365 m.	Calizas y dolomías.
Triásico	3.365-3.510 m.	Calizas, dolomías, anhidrita, Conglomerados y arenisca.

Dio algún indicio de gas. No se han hecho pruebas de producción. Equipo WIRTH GH-900. No se menciona contratista.

106. CIEPSA 27.—*Vitoria Oeste 1*.—En la provincia de Alava, cerca de la localidad de Villodas, 42° 49' 44" de latitud N. y 0° 54' 45" de longitud E. (Madrid, 00°).

Cortó las siguientes formaciones:

Coniacense	0-1.295 m.	Margas y calizas margosas.
Turonense	1.295-1.685 m.	Margas y calizas margosas.
Cenomanense	1.685-1.527 m.	Margas, arcillas, calizas y areniscas margosas.

Dio algún indicio de gas. No se han hecho pruebas de producción. Equipo NATIONAL 110.

115. CIEPSA 28.—*Vitoria Oeste 2*.—En la provincia de Alava, cerca de la localidad de Trespuentes, 0° 54' 48" longitud E. (Madrid, 00°), y 42° 50' 43" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Coniacense	0-1.085 m.	Margas y calizas margosas.
Turonense	1.085-1.485 m.	Margas y calizas margosas.
Cenomanense	1.485-2.543 m.	Margas, arcillas, calizas y areniscas margosas.

Dio indicios de gas. No se han hecho pruebas de producción. Equipo NACIONAL 110.

#### COPAREX-INI (Coparex operadora).

##### Actividades geológicas

ZONAS	CLASE DE TRABAJO	Meses equipo
Permiso de «Maestrazgo»	Trabajos de superficie para el trazado y ejecución de cortes por geólogos de IN-COPAREX	13 ½
Permiso de «Laredo»	Trabajos de superficie de estudios geológicos para el trazado estructural del anticlinal de Castro Urdiales	1 ½
Permiso de «Sur de Soria»	Trabajo de superficie para el trazado geológico de la región y estudio estructural de los anticlinales de Santa Ana y Picazo, de ellos cuatro meses han sido efectuados por un geólogo del I. F. P.	6 ½
De Coordinación	Trabajos de coordinación	8 ½
Permiso de Maestrazgo	Trabajos de estudio fotogeológico sobre los anticlinales de Cinctorres, Milano y San Victor	2 ½
Permiso de «Laredo»	Trabajos de estudio fotogeológico estructural del anticlinal de Castro Urdiales	½
Permiso «Sur de Soria»	Trabajo de estudio fotogeológico	1

Actividades geofísicas.—Seis sondeos eléctricos se efectuaron en el estuario del Ebro por la C. G. G.

##### Actividades de perforación

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
112	COPAREX 1	Bobalar 1	25 abril 1963	17 julio 1963	1.860 m.
119	COPAREX 2	Bobalar 2	12 agosto 1963	22 nov. 1963	2.591 »

112. COPAREX 1.—*Bobalar 1*.—En la provincia de Castellón de la Plana, cerca de la localidad de Morella, 3° 26' 32" longitud E. 40° 32' 02" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Jurásico Superior	0- 629 m.	Calizas más o menos dolomíticas.
Dogger	629- 718 m.	Dolomías, calizas y arcillas.
Lías e Infra Lías	718-1.004 m.	Dolomías y calizas.
Keuper	1.004-1.250 m.	Arcillas de varios colores con intercalaciones de sal y cuarzo bipiramidado.
Muschelkalk Sup.	1.250-1.413 m.	Dolomías, calizas y arcillas endurecidas.
Muschelkalk Medio	1.413-1.860 m.	Sal masiva y arcillas anhidríticas.

Dio como indicios fluorescencias en el Muschelkalk Superior y Medio y fuerte olor a hidrocarburos. Equipo H-525-FOREX, por contrata con SONPETROL.

119. COPAREX 2.—*Bobalar 2*.—En la provincia de Castellón de la Plana, cerca de Morella, 3° 27' 05" longitud E. 40° 32' 55" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Jurásico Superior	0- 616 m.	Calizas más o menos dolomíticas.
Dogger	616- 707 m.	Dolomías, calizas y arcillas.
Lías e Infra Lías	707- 970 m.	Dolomías y calizas.
Keuper	970-1.200 m.	Arcillas de varios colores, sal y cuarzo bipiramidado.
Muschelkalk Sup.	1.200-1.378 m.	Dolomías y calizas arcillosas.
Muschelkalk Medio	1.378-2.591 m.	Arcillas anhidríticas, anhidrita masiva y sal masiva.

Como indicios dio fluorescencia y olor de hidrocarburos en el Muschelkalk Superior. Equipo H-525-FOREX, por contrata con SONPETROL.

**C P I S A . — (Petrolifera Iberica - Deutsche - Schachtbau - Eurafrep. (Cpisa operadora).**

*Actividades geológicas*

*De superficie.*—Treinta y cinco meses-equipo de trabajos en todos los permisos.

*De coordinación.*—Nueve meses-equipo de trabajos.

*Actividades geofísicas*

*Sísmica de reflexión.*—Diez y medio meses-equipo de trabajos por contrata con PRAKLA G. M. B. H. Las actividades principales fueron llevadas a cabo en los permisos de «Lanz», «Roncesvalles», «Orbaiceta», «Irurzun», «Betelu», «Filomena», «Trucios», «Carlitos-Brígida» y «Encarnación».

*Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
124	CPISA 16	Monillo 1	12 dic. 1963	↓	396 m. ↓ (en 31 de diciembre)

124. CPISA 16.—*Monillo 1*. ↓.—En la provincia de Santander, en el permiso de Castro Urdiales, 0° 24' 06" de longitud E. (Madrid, 00°), y 43° 20' 41" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Wealdense 0-396 m. ↓ Alternancia de arenisca y arcilla con algunos bancos de caliza.

No ha dado ningún indicio hasta la fecha. Equipo WIRTH DH-338, Mastil Gulliver SALZGITTER.

**E . N . P . A . S . A . (Snpa operadora).**

*Actividades geológicas*

*De superficie.*—Diversos levantamientos geológicos en las Cordilleras Ibéricas, zona del Bajo Aragón.

Reconocimiento de los afloramientos Cretáceo-Superior Eoceno en la zona de Banabarre (Huesca).

Levantamiento geológico detallado de la Hoja 1:50.000 de Calanda (Teruel).

Levantamiento geológico en las zonas de Belchite, Muel y Épila (Zaragoza).

Levantamiento geológico somero del complejo Mesozoico-Terciario en el límite de la Cuenca del Ebro en las Cordilleras Catalanas.

Levantamiento geológico detallado y cortes topo-geológicos en la región de Benabarre-Tolva (Huesca).

Levantamiento geológico de la zona Ainsa-Foradada (Huesca).

*De coordinación.*—Informes de implantación y de actividad sobre los sondeos realizados.

Informe de fin de exploración de los permisos de Logroño.

Informes fin de exploración de los permisos de Vich.

Elaboración de planos de isóbatas, isópacas, etc., sintetizando los resultados de la exploración sobre el perímetro Huesca-Lérida.

*Actividades geofísicas*

*Sísmica de reflexión.*—Cuatro meses-equipo, con 282 km. de perfil, realizados en el perímetro de Huesca-Lérida.

Siete y medio meses-equipo, con 245 km. de perfil, realizados en la zona de Graus-Benabarre (Huesca). Operado con equipo contratado a la Compañía General de Geofísica.

*Otros métodos.*—Una corta campaña de 33 sondeos eléctricos en la zona de Graus-Benarrabe, realizados con un equipo ligero de la Compañía General de Geofísica, de 1.000 ó 4.000 metros.

*Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
103	ENPASA 5	Lérida 1	3 dic. 1962	8 enero 1963	1.410 m.
105	ENPASA 6	S. Miguel de Campmajor.	26 enero 1963	7 marzo 1963	688 »
108	ENPASA 7	Monzón 1	7 marzo 1963	25 julio 1963	3.714 »
110	ENPASA 8	Candasnos 1	21 abril 1963	11 junio 1963	1.550 »
117	ENPASA 9	Sariñena 1	7 agosto 1963	22 dic. 1963	2.893 »



103. ENPASA 5.—*Lérida 1*.—En la provincia de Lérida y comarca de su capital, 04° 19' 00" longitud E. y 41° 39' 00" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Terciario continental	0-1.177 m.	Areniscas, arcillas, calizas y margas.
Muschelkalk	1.177-1.244 m.	Dolomías.
Bundsandstein	1.244-1.360 m.	Arcillas y areniscas.
Paleozoico	1.360-1.410 m.	Alternancias de arcillas, «silt» y dolomías «siltosas».

No dio indicio alguno de hidrocarburos. Se realizaron dos pruebas de formación. Equipo IDECO H-525, por contrata con FOREX-SONPETROL.

105. ENPASA 6.—*San Miguel de Campmajor 1*.—En la provincia de Gerona, cerca de la localidad de Bañolas, 06° 21' 38" longitud E. y 42° 6' 24" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Eoceno (Luteciense)	0-405 m.	Margas y calizas.
Eoceno (Ipresiense)	405-623 m.	Arcillas, areniscas, conglomerados y calizas.
Paleozoico	623-688 m.	Esquistos gris a negros.

No dio ningún indicio. Se realizaron dos pruebas de pistoneo. Realizado este sondeo con equipo HANIEL LUEG F. G.-170, por contrata con E. N. ADARO.

108. ENPASA 7.—*Monzón 1*.—En la provincia de Huesca, cerca de la localidad de Monzón, 3° 54' 26" longitud E. y 41° 53' 40" de latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Terciario continental	0-2.429 m.	Arcillas, areniscas, evaporitas y margas.
Eoceno marino	2.429-2.446 m.	Calizas.
Lías-Infralías	2.446-2.655 m.	Calizas, dolomías y brechas.
Keuper	2.655-2.977 m.	Arcillas y sal masiva.
Muschelkalk	2.977-3.415 m.	Dolomías y sal.
Buntsandstein	3.515-3.714 m.	Arcillas, areniscas: conglomerados en la base.

No ha dado ningún indicio. Se realizaron dos pruebas de formación. Sondeo realizado con equipo IDECO SUPER 7, x 11 por contrata con FOREX-SONPETROL.

110. ENPASA 8.—*Candasnos 1*.—En la provincia de Huesca, cerca de la localidad de Fraga, 3° 47' 10" longitud E. y 41° 30' 09" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Terciario continental	0- 944 m.	Calizas con pasadas arcillosas.
Dano-paleoceno?	944-1.001 m.	Caliza y marga plástica.
Cretáceo Inferior	1.001-1.065 m.	Caliza y marga abigarrada.
Dogger	1.065-1.150 m.	Caliza con microfibras.
Lías	1.150-1.303 m.	Caliza, dolomía y brecha.
Infralías	1.303-1.546 m.	Anhidrita y dolomía en la base.
Keuper	1.546-1.550 m.	Anhidrita y arcilla dolomítica.

No dio ningún indicio importante, se realizaron dos pruebas de formación. Sondeo realizado con equipo HANIEL LUEG F. G.-170, por contrata con la E. N. ADARO.

117. ENPASA 9.—*Sariñena 1*.—En la provincia de Huesca, cerca de la localidad de Sariñena, en el permiso de Bergibal, 3° 35' 48" longitud E. y 41° 47' 25" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Terciario continental	0-1.756 m.	Arcillas, margas, calizas y evaporitas.
Eoceno	1.756-1.795 m.	Calizas y brecha.
Lías	1.795-1.818 m.	Dolomías.
Infralías	1.818-2.049 m.	Dolomías y anhidritas.
Keuper	2.049-2.331 m.	Sal, anhidrita y dolomías.
Muschelkalk	2.331-2.760 m.	Dolomías y sal.
Buntsandstein	2.760-2.893 m.	Sal, arcilla y areniscas rojas.

No dio indicio alguno. Se realizaron tres pruebas de formación. Sondeo realizado con equipo IDECO SUPER 7 x 11, por contrata con FOREX-SONPETROL.

#### **E. N. P. E. N. S. A (Rap operadora).**

##### *Actividades geológicas*

*De superficie*.—Trabajos de síntesis y levantamientos complementarios en el permiso A.

Estudio geológico de los permisos C, D y E.

Levantamientos de detalle en el permiso F (Ansó-Berdún).

Reconocimiento general y algunos trabajos de detalle en las zonas exteriores a nuestros permisos de: «Maestrazgo», «Valencia» y «Guadalquivir».

Se emplearon en todo lo anteriormente expuesto cuarenta y ocho meses-equipo.

#### Actividades geofísicas

*Sísmica de reflexión.*—Un mes-equipo de estudio de detalle en San Martín de Unx (permiso B), por contrata con PROLESA.

Un mes-equipo de estudio en Borja (permiso C), por contrata con la COMPAÑÍA GENERAL DE GEOFÍSICA.

Cuatro y medio meses-equipo de trabajos para reconocimiento general del permiso D, por contrata con PROLESA.

Dos y medio meses-equipo de trabajos de estudio del permiso F (Ansó-Berdún), por contrata con PROLESA.

#### Actividades de perforación

NUMERO DE ORIGEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
93	EXPENSA 2	Sangüesa 1	9 mayo 1962	13 marzo 1963	4.776 m.
109	EXPENSA 3	Valpalmas 1	4 abril 1963	27 agosto 1963	4.182 »
121	EXPENSA 4	Magallón 1	11 nov. 1963		↓ a 3.076 m.) (en 31 dic. 1963)

93. EXPENSA 2.—*Sangüesa 1.*—En la provincia de Navarra, cerca de la localidad de Sangüesa, 2° 23' 52" longitud E. (Madrid, 00°) y 42° 35' 08" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Cuaternario	0-46 m.	Arcilla margosa, arenisca y conglomerado.
Oligoceno	46-3.016 m.	Margas abigarradas, margas marrones y grises dolomíticas, arenisca, caliza y anhidrita.
Oligoceno-Eoceno	3.106-3.285 m.	Conjunto areniscoso-margoso y arenisca. Anhidrita con intercalaciones de margas areniscosas y dolomíticas. Arcilla gris micácea.

Eoceno Medio	3.285-3.580 m.	Calizas y arcillas.
Permo-Trias	3.580-4.486 m.	Conglomerado. Arenisca. Alternancias de arcilla y arenisca y conglomerado.
Carbonífero	4.486-4.662 m.	Arcilla negra y arenisca.
Devoniano	4.662-4.776 m.	Calizas dolomíticas y arcilla negra.

Como indicios dio a los 3.468 metros una ligera presencia de gas y fluorescencia.

Se realizaron cuatro pruebas, que resultaron secas las tres primeras y la cuarta dio, entre los 3.778 y 3.798 metros, un débil caudal de agua salada con indicios de gas.

Equipo empleado, EMSCO 1.250.

109. EXPENSA 3.—*Valpalmas 1.*—En la provincia de Zaragoza, cerca de la localidad de Ejea de los Caballeros, 2° 46' 48" longitud E. (Madrid, 00°) y 42° 07' 22" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Oligoceno	0-3.352 m.	Areniscas y margas. Caliza, arenisca y anhidrita. Conglomerado.
Keuper	3.352-3.425 m.	Arcilla con intercalaciones de dolomía y anhidrita.
Muschelkalk	3.425-3.715 m.	Alternancias de arcilla y dolomía y anhidrita.
Permo-Trias	3.715-4.002 m.	Arenisca y arcilla. Conglomerado.
Carbonífero Superior	4.002-4.182 m.	Arcilla y arenisca.

No dio indicio alguno, se realizaron dos pruebas de producción. Sondeo perforado con equipo EMSCO 1.250.

121. EXPENSA 4.—*Magallón 1* ↓.—En la provincia de Zaragoza, cerca de la localidad de Borja, 2° 12' 48" longitud E. (Madrid, 00°) y 41° 48' 03" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Oligoceno	0-2.482 m.	Yeso. Arenisca. Conglomerado. Arenisca. Dolomía y yeso. Arcilla, conglomerado y arcilla. Caliza dolomítica.
Aptiense	2.482-2.507 m.	Caliza arenosa arcillosa.
Wealdense	2.507-2.530 m.	Arcilla, anhidrita y arenisca.
Lias Medio	2.530-2.734 m.	Calizas y margas.
Lias Inferior	2.734-2.864 m.	Arcilla arenisca y ofitos.
Muschelkalk	3.020-3.076 m. ↓	Arcilla, anhidrita y dolomía.

No dio indicio alguno. Se realizó una prueba de producción. Sondeo efectuado con equipo EMSCO 1.250.

### ESSO IBERIA.

*Actividades geológicas.*—Cincuenta y seis meses-equipos fueron empleados en trabajos de campo en el Duero, Cuenca y región Bética de España y en el lugar del sondeo, simultáneamente con el trabajo de campo, fue realizado trabajo foto-geológico.

#### *Actividades geofísicas*

*Sísmica de reflexión.*—Seis meses-equipos en el permiso de «Navarra».

#### *Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
104	ESSO 4	Pinos 1	12 dic. 1962	1 febrero 1963	1.928,65 m.
107	ESSO 5	Ejea 1	20 febrero 1963	22 abril 1963	3.129,— »
113	ESSO 6	East Tauste 1	1 mayo 1963	16 julio 1963	3.329,— »

104. Esso 4.—*Pinos 1.*—En la provincia de Lérida, al NE. de Cervera, 05° 11' 37" longitud E. (Madrid, 00°) y 41° 48' 39" latitud N.

Realizado este sondeo con equipo NATIONAL 80-B, por contrata con HOLLANDSE BOORMAATSCHAPIJ.

107. Esso 5.—*Ejea 1.*—En la provincia de Zaragoza, 02° 26' 27" longitud E. (Madrid, 00°) y 42° 07' 11" latitud N.

Equipo NATIONAL 80-B, por contrata con HOLLANDSE BOORMAATSCHAPIJ.

113. Esso 6.—*East Tauste 1.*—En la provincia de Zaragoza, 02° 37' 43" longitud E. (Madrid, 00°) y 41° 58' 19" latitud N.

Equipo NATIONAL 80-B, por contrata con HOLLANDSE BOORMAATSCHAPIJ.

### LECSA

*Actividades geofísicas.*—Medio mes de actividades gravimétricas en el permiso de «Orba», por contrata con PROLESA.

#### *Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
85'	LECSA 5	Ampurdán 3	noviembre 1962	↓	676 m. ↓

85'. LECSA 5.—*Ampurdán 3* ↓.—En la provincia de Gerona, zona entre Bañolas y Olot, a 1.200 metros de El Torn, junto al río Sert, orilla derecha, 06° 21' 00" longitud E. y 42° 09' 55" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Luteciense	0-220 m.	Margas azules de Bañolas.
	220-481 m.	Anhidritas con alternancias de margas.
	481-510 m.	Calizas.
	510-635 m.	Calizas cavernosas o fisuradas.
	635-676 m.	↓ Asfalto en fisuras.

Se realizó una prueba de pistoneo de 630 a 670 metros. Por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS. Desde los 510 metros hay pérdidas de circulación que cesan a los 534 metros. Se entuba. LECSA se hace cargo del sondeo con sus propios elementos. Se reanuda la perforación en noviembre de 1962 y continúa hasta finalizar el año.

### PHILLIPS.

*Actividades geológicas.*—Seis meses-equipos de trabajos de superficie en la zona de Jaca, incluyendo estudios geológicos de los afloramientos y medidas de perfiles estratigráficos. Tres meses-equipos de estudios de coordinación de datos en las zonas de Burgos y Huesca y siete meses-equipos en la zona de Jaca.

*Fotogeología.*—Cinco meses de estudios.

#### *Actividades geofísicas*

*Sísmica de reflexión.*—Doce meses-equipos, de los cuales uno y medio en la zona de Huesca y diez y medio en la zona de Jaca, todos por contrata con UNITED GEOPHYSICAL CORP.

*Actividades gravimétricas-magnetométricas.*—Diez días de estudios en la zona de Jaca, por contrata con AERO-SERVICE LTD.

#### *Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
101	PHILLIPS 3	Alcozar 1	16 septbre. 1962	28 nov. 1963	3.986 m.

101. PHILLIPS 3.—*Alcozar 1.*—En la provincia de Soria, permiso de Langa, a 20 kilómetros de San Esteban de Gormaz, 00° 19' 51,2" longitud E. y 41° 37' 47,6" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Terciario continental	0-1.118 m.	Arcillas rojas con caliza.
Paleoceno marino	1.118-1.192 m.	Dolomita y anhidrita blanca.
Cretáceo Superior	1.192-1.533 m.	Caliza gris.
Tejada	1.533-1.685 m.	Arenisca blanca.
Jurásico	1.685-1.868 m.	Dolomita gris.
Carniolas	1.868-2.064 m.	Dolomita gris-ocre.
Triásico	2.064-2.517 m.	Arenisca de rojo a gris.
Pensylvaniense	2.517-3.250 m.	Dolomita blanca.
Mississippiense	3.250-3.525 m.	Dolomita blanca a gris.
Devoniano	3.525-3.986 m.	Dolomita blanca a gris.

Resultado negativo. No cortó indicios de ninguna clase. No se realizaron pruebas. Equipo ROTARY, por contrata con la CIE. LANGUEDOCIENNE.

#### **RICHFIELD-CITIES (Richfield operadora).**

No se ha llevado a cabo actividad alguna durante 1963, por retirada de sus actividades, y renuncia a todos sus permisos.

#### **S. E. P. E. -CIEPSA (Operadora Sepe).**

##### *Actividades geológicas*

*De superficie.*—Levantamiento de secciones estratigráficas detalladas del Eoceno y Paleoceno subpirenaico y cartografía, todo esto en la zona de Cataluña.

*De coordinación.*—Análisis sistemáticos de petrografía, calcimetría y de microfauna para establecer correlaciones y determinar las características paleogeográficas y sedimentológicas de la cuenca.

##### *Actividades geofísicas*

*Gravimetría.*—Dos meses-equipos y 90 puntos en el permiso de «Berga» (provincias de Barcelona y Gerona) y 38 en el de «Prats de Llusanes» (provincia de Barcelona). Por contrata con la Compañía General de Geofísica (un equipo reducido).

*Sísmica de reflexión.*—Siete meses-equipos y 231,5 kilómetros de líneas sísmicas en los permisos de «Berga» y «Prats de Llusanes». Por contrata con el Instituto Geológico y Minero de España y Compañía General de Geofísica (conjuntamente).

#### **SIPSA.**

##### *Actividades geológicas*

*De superficie.*—Tres meses-equipos de trabajos en los permisos de «Montserrat» y «Olot» y otros tres meses-equipos en la Meseta del Duero.

*De coordinación.*—Cuatro meses-equipos de trabajos en los permisos de «Montserrat» y «Olot».

*Fotogeología.*—Trabajos sobre el Terciario al N. del Duero y parte del borde septentrional.

##### *Actividades geofísicas*

*Gravimétricas.*—Medio mes-equipos de trabajos en el permiso de «Pensylvania», realizado por contrata con PROLESA.

*Sísmicas de reflexión.*—Medio mes-equipos de trabajos en el permiso de «Pensylvania», realizado por contrata con PROLESA.

##### *Actividades de perforación*

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
90	SIPSA 3	Gerona 2	20 abril 1962	↓	a 2.416 m.) (en 31 dic. 1963)

90. SPSA 3.—*Gerona 2* ↓.—En la provincia de Gerona, localidad de Garrigolas, al NE. de Gerona, entre Vilopriu y Ampurias, 06° 41' 30" longitud E. y 42° 05' 32" latitud N. En 31 de diciembre de 1963 tenía una profundidad de 2.416 metros y proseguía la perforación.

Cortó las siguientes formaciones:

Eoceno 0-1.500 m. Formaciones análogas a las de Gerona 1.  
Paleoceno 1.500- ↓ m. Rocas afectas de metamorfismo de edad no determinada.

Se realizaron varias pruebas de producción que revelaron presión virgen, pero sin recuperar fluidos. A partir de los 1.500 metros dio indicios en algunas zonas con fluorescencia de ligera a buena.

Equipo CARDWELL-WIRTH, por contrata con PERGEO.

#### UNION IBERICA DE PETROLEOS (Unión operadora).

No registra más actividad que la renuncia a sus permisos peninsulares, «Carcelén», «Murcia», «Córdoba» y «Sevilla».

#### VALDEBRO (Ini-Gao) Valdebro operadora).

##### Actividades geológicas

ZONAS	CLASE DE TRABAJO	Meses equipo
Permiso «Santander» ... ..	Se continúa con el estudio iniciado el pasado año para la situación de un posible sondeo en el anticlinal de Ajo-Noja ...	½
Permiso «Monegros» ... ..	Estudio de detalle sobre la zona de Margalef, llevado a cabo por el gabinete geológico de Valdebro y supervisado por el gabinete de Gao en Dallas, que confeccionó el informe definitivo ... ..	½
Permiso «Oeste de Barbastro y Tamarite» ... ..	Recopilación de datos y nuevos reconocimientos geológicos de la zona ... ..	½
Permiso «Tresp-Isona» ... ..	Estudio geológico de la zona, recogida de muestras y estudio de la fotografía aérea, para confección del programa geológico del sondeo Isona número 1. Trabajo realizado independientemente por los gabinetes de Valdebro y Gao en Dallas	1
General ... ..	En gabinete, continuación de la labor de reinterpretación general de datos sobre las concesiones de Retuerta, Lodoso, Pamplona Sur, Tarazona, O. de Zaragoza, Tamarite, Monesma, Berga, O. de Cuenca, Zaragoza, Vejer de la Frontera y Cerro Gordo ... ..	

##### Actividades geofísicas

*Gravimétricas.*—Medio mes-equipo y 323 estaciones gravimétricas y otras tantas topográficas en el permiso de «Santander».

Interpretación de la información obtenida y reinterpretación de la que posee de campañas anteriores desarrolladas en los permisos de «Lodoso Sur», «Zaragoza», «Zaragoza (O.)», «Pamplona», «Pamplona Sur» y «Zuera».

*Sísmica.*—Un cuarto de mes-equipo, breve campaña con objeto de conocer el cierre en profundidad, del anticlinal de Liermo. Esta campaña fue realizada por la compañía contratista PROLESA.

Reinterpretación y coordinación con otras compañías de los datos sobre los 20 permisos de la Zona I, iniciada en 1962.

##### Actividades de perforación

NUMERO DE ORDEN		Nombre	Iniciado	Terminado	Profundidad
General	De la Compañía				
120	VALDEBRO 34	Isona 1	19 agosto 1963	12 nov. 1963	2.549 m.

120. VALDEBRO 34.—*Isona 1.*—En la provincia de Lérida, anticlinal de Isona, 4° 52' 49" longitud E. y 42° 07' 52" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Cretáceo Superior	0- 823 m.
	823-1.201 m.
Jurásico	1.201-2.151 m.
Triásico	2.151-2.549 m.

No ha dado ningún indicio de hidrocarburos. Se realizaron tres pruebas de producción y una testificación eléctrica. Equipo EMSCO J-1.100, por contrata con la E. N. ADARO.

## C. NUEVAS ASOCIACIONES DURANTE 1963

No las ha habido.

## D. NUEVOS PERMISOS DURANTE 1963

Nombre de las Compañías	Superficie en Has.	Fecha de publicación en el B. O.	Z O N A
CIEPSA-SEPE.....	40.750	10-12-1963	Fermiso «Alcaudete».
	41.582	»	» Santiago de la Espada.
	40.650	»	» «Jaén».
	41.809	»	» «Baena».
	42.328	»	» «Martos».
	42.022	»	» «Moratalla».
	41.964	»	» «Letur».
	41.478	»	» «Orcera».
	41.701	»	» «Cazorla».
	41.061	»	» «Pontones».
	35.709	»	» «Castrib».
CPIISA.....	39.752	12- 8-1963	» «Santa Magdalena».
	40.685	»	» «Cati».
INI-COPAREX.....	40.332	9- 3-1963	» «Huelva».
	15.290	»	» «El Villar».
	21.820	»	» «Mogea».
	34.600	28- 8-1963	» «Amposta».
LECSA.....	27.778	7-12-1962	» «Gelsa».
	26.835	»	» «Caspe».
	41.601	»	» «Alcañiz».
	27.437	»	» «Villada».

## E. RENUNCIAS O ALTERACIONES EN LAS COMPAÑÍAS DURANTE 1963

Nombre de las Compañías	Superficie renunciada o alterada	Fecha de renuncia	Z O N A
CIEPSA - GULF - DEIL	36.708	10- 7-1963	Permiso «Artesa de Segre» (Lérida).
	32.132	»	» «Solsona» (Lérida y Barcelona).
MANN.....	34.427	»	» «Puig-reig (Lérida y Barcelona).
	10.606	»	» «Bureba» (Burgos).

Nombre de las Compañías	Superficie renunciada o alterada	Fecha de renuncia	Z O N A	
ENPASA.....	30.574	17- 6-1963	Permiso «Oeste Vich» (Barcelona).	
	27.517	»	» «Este de Vich» (Barcelona).	
	43.558	»	» «Lérida» (Lérida).	
	33.864	»	» «San Felú Pallerols» (Gerona y Barcelona).	
	40.433	11 11-1963	» «Lerín» (Navarra).	
	32.346	»	» Logroño Norte» (Navarra, Alava y Logroño).	
	30.405	»	» «Lodosa» (Logroño y Navarra).	
	24.305	»	» «Logroño Sur» (Logroño y Navarra).	
	32.191	8- 5-1963	» «Deva» (Guipúzcoa y Vizcaya).	
	29.570	10- 5-1963	» «San Martín de Unx» (Navarra).	
ENPESA.....	39.427	»	» «Sanguesa» (Zaragoza y Navarra).	
	32.935	5-10-1963	» «Uncastillo» (Zaragoza y Logroño).	
	38.077	»	» «Parasdues» (Zaragoza).	
	38.077	»	» «Ardisa» (Zaragoza y Huesca).	
	38.177	»	» «Gurrea de Gállego» (Zaragoza y Huesca).	
	39.211	6- 4-1963	» «Bell-Lloch» (Lérida).	
	39.211	»	» «Bell Puig» (Lérida).	
	39.211	»	» «Tárrega» (Lérida y Tarragona).	
	39.462	»	» «Cervera» (Lérida y Tarragona).	
	39.462	»	» «Calaf» (Lérida, Tarragona y Barcelona).	
ESSO IBERIA INC.	39.355	»	» «Fons-Tora» (Lérida y Barcelona).	
	39.355	»	» «Cardona-Sallent» (Lérida y Barcelona).	
	40.099	»	» «Aldi» (Lérida y Tarragona).	
	40.968	»	» «Manresa» (Barcelona).	
	22.376	10- 7-1963	» «Navalón de arriba» (Valencia).	
	25.567	»	» «Bicorp» (Valencia).	
	21.306	»	» «Navarrés» (Valencia).	
	31.651	»	» «Antella» (Valencia).	
	PAN AMERICAN.....			



Nombre de las Compañías	Superficie renunciada o alterada	Fecha de renuncia	ZONA
PHILLIPS OIL CO...	20.314	27- 3-1963	Permiso «Quintanilla» (Burgos).
	41.053	»	» «Langa» (Burgos, Soria y Segovia).
	40.862	»	» «Villafruela» (Burgos y Palencia).
	13.808	»	» «Alcubilla» (Burgos y Soria).
	39.835	»	» «Tejada» (Burgos).
	40.904	»	» «Fombellida» (Valladolid, Burgos y Palencia).
	12.268	»	» «Araúzo» (Burgos).
	40.947	»	» «Roa» (Burgos).
	40.733	»	» «Palenzuela» (Burgos y Palencia).
	28.001	»	» «Fuentedura» (Burgos).
	40.776	»	» «Lerma» (Burgos y Palencia).
	40.691	»	» «Sta. María del Campo» (Burgos).
	40.968	»	» «Arandilla» (Burgos y Soria).
RICHFIELD.....	34.337	20- 7-1963	» «Huesca» (Huesca).
	26.459	»	» «Almudébar» (Huesca).
	36.391	»	» «Sesa» (Huesca).
TIDEWATER.....	19.119	8- 8-1963	» «El Sotillo» (Huelva).
	19.119	»	» «La Cigüeña» (Huelva y Sevilla).
	18.405	»	» «Laguna Jiménez» (Huelva).
	19.140	»	» «El Rocío» (Huelva y Sevilla).
UNION OIL-CIPSA...	26.610	18-12-1963	» «Carcelén» (Albacete y Valencia).
	22.692	»	» «Murcia» (Murcia y Alicante).
	24.689	»	» «Córdoba» (Córdoba y Jaén).
	27.283	»	» «Sevilla» (Sevilla y Huelva).

## F. COMPAÑÍAS CONTRATISTAS DURANTE 1963

CONTRATANTE	CONTRATISTA			
	Geología o Fotogeología	Geofísica	Sondeos	Equipo
AMONSPAIN-CAMPSA	—	—	IBÉRICA DE SONDEOS	+
CIEPSA-DEILMANN-SPANGOC	—	—	—	WIRT GH-900 NATIONAL 110
COPAREX-INI	—	COMPAGNIE GENERALE GEOPHISIQUE (C. G. G.)	SONPETROL	H-525 FOREX
CPISA	—	PRAKLA	—	WIRTH DH 338
ENPASA	—	COMPAGNIE GENERALE GEOPHISIQUE (C. G. G.)	FOREX-SONPETROL E. N. ADARO	IDECO H-525 7 x 11 HANIEL LUEG F. G-170
ENPESA	—	PROLESA	—	EMSCO 1.250
ESSO IBERIA	—	—	HOLLANDSE BOOR- MAATSCHAPIJ	NATIONAL 80-B
LECSA	+	PROLESA	IBÉRICA DE SON- DEOS	—
PHILLIPS	—	UNITED GEOPHYSICAL CORP AERO-SERVICE LTD.	CIE. LANGUEDO CIENNE	ROTARY
RICHFIELD	+	+	+	+
SEPE-CIEPSA	—	I. G. Y M. DE ESPAÑA COMPAGNIE GENERALE GEOPHISIQUE (C. G. G.)	+	+
SIPSA	—	PROLESA	PERGEO	WIRTH-CARDWELL
UNIÓN-IBÉRICA DE PETRÓ- LEOS	—	—	—	—
VALDEBRO	—	PROLESA	E. N. ADARO	EMSCO J-1100

— Quiere decir indistintamente que ha hecho el trabajo por sí misma o que no ha suministrado información.

+ Quiere decir que no ha tenido actividad de esa clase.

## G. DESIGNACIONES Y AFILIACIONES DE LAS COMPAÑÍAS

Se registra solamente el traspaso por PHILLIPS OIL Co. a PHILLIPS COMPAÑÍA DE HIDROCARBUROS de sus derechos y obligaciones.

## H. RELACIÓN DE SONDEOS POR COMPAÑÍAS

Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden general	S O N D E O	Coordenadas	Iniciado	Terminado	Profundidad en metros	RESULTADO
CAMPSA AMONSPAIN (AMOSPAIN OPERADORA)							
17	111	La Población 1	00° 14' 56" O. 43° 02' 26" N.	24- 4-1963	12- 5-1963	374	Negativo
18	114	La Cuenca 1	00° 56' 30" E. 41° 33' 30" N.	21- 5-1963	23- 6-1963	1.013	Negativo
19	116	Cabañas 1	00° 10' 19" O. 42° 59' 12" N.	30- 6-1963	10- 8-1963	904	Negativo
20	118	Arija 1	00° 14' 13" O. 42° 59' 19" N.	12- 8-1963	10- 9-1963	1.002	Negativo
21	122	Basconcillos 1	00° 20' 31" O. 42° 42' 47" N.	13- 9-1963	10-10-1963	1.009	Indicios g. l.
22	123	Crespo 1	00° 04' 59" O. 42° 53' 40" N.	14-10-1963	18-11-1963	1.000	Indicios
CIEPSA-DEILMANN-SPAGNOC (CIEPSA OPERADORA)							
26	98	Sanahuja 1 (23)	05° 03' 40" E. 41° 33' 30" N.	19- 7-1962	9- 2-1963	3.510	Indicios g.
27	106	Vitoria O. 1	00° 54' 45" E. 42° 49' 44" N.	30- 1-1963	31- 5-1963	2.527	Indicios g.
28	115	Vitoria O. 2	00° 54' 48" E. 42° 50' 43" N.	19- 6-1963	17- 9-1963	2.547	Indicios g.
CPISA (PETROLIFERA-IBERICA-DEUTSCHE-SCHACHTBAU-EURAFREP (CPISA OPERADORA)							
16	124	Monillo 1	00° 24' 06" E. 43° 20' 41" N.	12-12-1963			↓ ↓

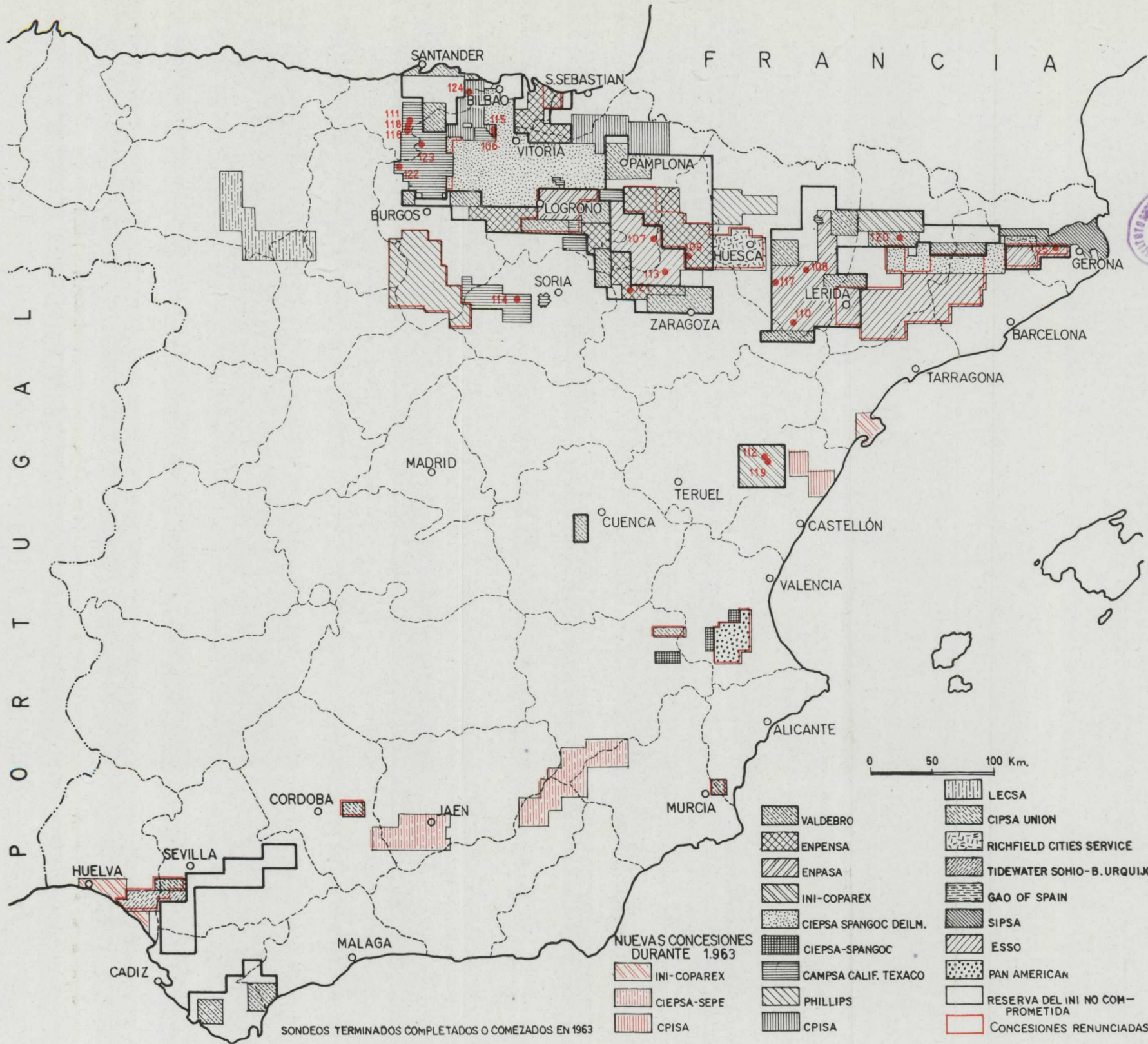
Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden general	S O N D E O	Coordenadas	Iniciado	Terminado	Profundidad en metros	RESULTADO
E N P A S A							
5	103	Lérida 1	04° 19' 00" E. 41° 39' 00" N.	3-12-1962	8- 1-1963	1.410	Negativo
6	105	S. Miguel de Campmajor	06° 21' 38" E. 42° 06' 24" N.	26- 1-1963	7- 3-1963	688	Negativo
7	108	Monzón 1	03° 54' 26" E. 41° 53' 40" N.	7- 3-1963	25- 7-1963	3.714	Negativo
8	110	Candasnos 1	03° 47' 10" E. 41° 30' 09" N.	21- 4-1963	11- 6-1963	1.550	Negativo
9	117	Sariñena 1	03° 35' 48" E. 41° 47' 25" N.	7- 8-1963	22-12-1963	2.893	Negativo
E N P E N S A							
2	93	Sangüesa 1	02° 23' 52" E. 42° 35' 08" N.	9- 5-1962	13- 3-1963	4.776	Indicios g.
3	109	Valpalmas 1	02° 46' 48" E. 42° 07' 22" N.	4- 4-1963	27- 8-1963	4.182	Negativo
4	121	Magallón 1	02° 12' 48" E. 41° 48' 03" N.	11-11-1963	↓		↓
E S S O I B E R I A							
4	104	Pinos 1	05° 11' 37" E. 41° 48' 39" N.	12-12-1962	1- 2-1963	1.928	Negativo
5	107	Ejea 1	02° 26' 27" E. 42° 07' 11" N.	20- 2-1963	22- 4-1963	3.129	Negativo
6	113	Tauste E. 1	06° 41' 30" E. 41° 58' 19" N.	1- 5-1963	16- 7-1963	3.329	Negativo
INI-COPAREX (COPAREX OPERADORA)							
1	112	Bobalar 1	03° 26' 32" E. 40° 32' 02" N.	25- 4-1963	17- 7-1963	1.860	Indicios
2	119	Bobalar 2	03° 27' 05" E. 40° 32' 55" N.	12- 8-1963	22-11-1963	2.591	Indicios
L E C S A							
5	85'	Ampurdán 3	06° 21' 00" E. 42° 09' 50" N.	Nov. 1962	↓	676	↓

Núm. de orden de la Compañía	Núm. de orden general	S O N D E O	Coordenadas	Iniciado	Terminado	Profundidad en metros	RESULTADO
P H I L L I P S							
3	101	Alcozar 1	00° 19' 51" E. 41° 37' 47" N.	16-9-1962	28-2-1963	3.986	Negativo
S I P S A							
3	90	Gerona 2	06° 41' 30" E. 42° 05' 32" N.	20-4-1962	↓		↓
VALDEBRO (INI-GAO) (VALDEBRO OPERADORA)							
34	120	Isona 1	04° 50' 49" E. 42° 07' 52" N.	19-8-1963	12-11-1963	2.849	Negativo

## SONDEOS INICIADOS EN 1962 Y TERMINADOS EN 1963

Núm. de orden General	S O N D E O S	Provincia	COMPAÑIA Y NUMERO	INICIADO	TERMINADO	RESULTADO	Profundidad en metros
90	Gerona 2	Gerona	SIPSA, núm. 2	20-4-62	↓	g. g.	↓
91	Treviño 1.005 E (22E)	Burgos	CIEPSA, núm. 24	2-5-1962	29-3-62	Indicios	580
92	Castellfullit 1	Barcelona	Esso, núm. 1	9-5-1962	20-7-62	Negativo	2.450
93	Sangüesa 1	Navarra	ENPENSA, núm. 2	9-5-1962	13-3-63	g.	4.776
94	Arnedo 1	Logroño	CAMPASA, núm. 15	30-5-1962	27-8-62	Negativo	1.576
95	Río Franco 1	Palencia	PHILLIPS, núm. 2	3-6-1962	21-8-62	Negativo	2.325
96	Treviño 1.006 E (23E)	Burgos	CIEPSA, núm. 25	21-6-1962	15-8-62	Negativo	717
97	Perafita 1	Barcelona	ENPASA, núm. 3	18-7-1962	23-12-62	Negativo	2.862
98	Sanahuja 1 (23E)	Lérida	CIEPSA, núm. 26	19-7-1962	9-2-63	Indicios g.	3.510
99	Guisona 1	Lérida	ESSO, núm. 2	28-7-1962	19-10-62	Negativo	3.225
100	Fraga 1	Huesca	ENPASA, núm. 4	31-7-1962	24-11-62	Negativo	2.143
101	Alcozar 1	Soria	PHILLIPS, núm. 3	16-9-1962	28-2-63	Negativo	3.986
101'	Zamanzas A 1	Burgos	CAMPASA, núm. 16	26-9-1962	1-12-62	Indicios l.	1.241
102	Senant 1	Tarragona	ESSO, núm. 3	28-10-1962	3-12-62	Negativo	1.652
103	Lérida 1	Lérida	ENPASA, núm. 5	3-12-1962	8-1-63	Negativo	1.410
104	Pinos 1	Lérida	ESSO, núm. 4	12-12-1962	1-2-63	Negativo	1.928

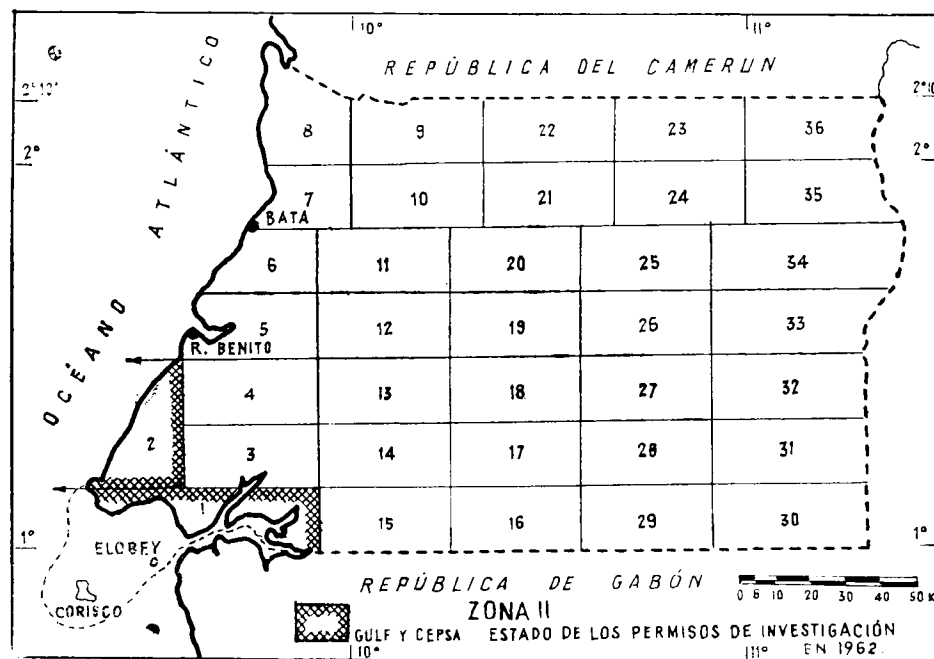
	Empresa	Nombre sondeo	LOCALIZACION		EJECUCION			Observaciones
			Permiso	Coordenadas	Iniciación	Terminación	Profundidad	
105	ENPASA	S. Miguel Camp- major.	(Gerona)	Latitud 42° 6' 24" N. Longitud 6° 21' 38" E.	26- 1-1963	8- 3-1963	689,00	Negativo
106	CEPSA	Vitoria 1	(Vitoria)	Latitud 42° 49' 44" N. Longitud 0° 54' 54" E.	2- 2-1963	31- 5-1963	2.550,20	Gas. Se trata de reactivarlo
107	ESSO IBERIA INC.	Egea 1	(Zaragoza)	Latitud 42° 07' 11" N. Longitud 2° 26' 07" E.	18- 2-1963	17- 4-1963	3.126,30	Negativo
108	ENPASA	Monzón 1	(Huesca)	Latitud 41° 53' 40" N. Longitud 3° 54' 26" E.	4- 3-1963	25- 7-1963	3.711,60	Indicios de gas
109	ENPASA	Valpalmas 1	(Zaragoza)	Latitud 42° 07' 22" N. Longitud 2° 46' 48" E.	4- 4-1963	25- 8-1963	4.182,50	Negativo
110	ENPASA	Candasnos 1	(Huesca)	Latitud 41° 30' 09" N. Longitud 3° 47' 10" E.	21- 4-1963	11- 6-1963	1.550,40	Negativo
111	CAMPSA	La Población 1	(Santander)	Latitud 43° 02' 26" N. Longitud 0° 14' 56" O.	24- 4-1963	15- 5-1963	374,26	Negativo
112	INI-COPAREX	Bobalar 1	(Castellón)	Latitud 40° 33' 02" N. Longitud 3° 26' 32" E.	25- 4-1963	17- 7-1963	1.860,00	Indicios hidrocarburos
113	ESSO IBERIA INC.	Tauste-Este 1	(Zaragoza)	Latitud 41° 58' 19" N. Longitud 2° 37' 43" E.	30- 4-1963	16- 7-1963	3.329,87	Negativo
114	CAMPSA	La Cuenca 1	(Soria)	Latitud 41° 44' 28" N. Longitud 0° 56' 33" E.	20- 5-1963	25- 6-1963	1.013,45	Negativo



	Empresa	Nombre sondeo	LOCALIZACIÓN		EJECUCION		Profundidad	Obeervaciones
			Permiso	Coordenadas	Inicio	Terminación		
115	CIEPSA	Vitoria 2	(Vitoria)	Latitud 42° 50' 43" N. Longitud 0° 54' 48" E.	19- 6-1963	17- 9-1963	2.543,00	Gas. En pruebas
116	CAMPASA	Cabaña 1	(Santander)	Latitud 42° 59' 05" N. Longitud 0° 10' 14" O.	29- 6-1963	10- 8-1963	904,50	Negativo
117	ENPASA	Sariñena 1	(Huesca)	Latitud 41° 47' 25" N. Longitud 3° 35' 48" E.	7- 8-1963	22-12-1963	2.893,00	Indicios gas
118	CAMPASA	Arija 1	(Santander)	Latitud 42° 59' 23" N. Longitud 0° 14' 14" O.	12- 8-1963	9- 9-1963	1.001,80	Negativo
119	INI-COPAREX	Bobalar 2	(Castellón)	Latitud 40° 32' 55" N. Longitud 3° 27' 03" E.	12- 8-1963	22-11-1963	2.591,50	Indicios
120	VALDEBRO	Isona 1	(Lérida)	Latitud 42° 07' 52" N. Longitud 4° 50' 49" E.	19- 8-1963	12-11-1963	2.549,00	Negativo
121	ENPENSA	Magallón 1	(Zaragoza)	Latitud 41° 48' 03" N. Longitud 2° 12' 48" E.	12- 9-1963	↓		↓ Indicios gas y pe-
122	CAMPASA	Basconcillos 1	(Burgos)	Latitud 42° 42' 47" N. Longitud 0° 20' 20" O.	13- 9-1963	10-10-1963	1.009,40	tróleo
123	CAMPASA	Crespo 1	(Burgos)	Latitud 42° 53' 33" N. Longitud 0° 05' 10" O.	14-10-1963	18-11-1963	1.000,40	Indicios gas y pe- tróleo sólido
124	PETROLÍFERA IBÉ- RICA	Monillo 1	(Santander)	Latitud 43° 20' 38" N. Longitud 0° 24' 04" E.	13-12-1963	↓		↓

## ZONA II.—GUINEA

La asociación CEPESA-SPANGOC, única concesionaria de permisos, ha desarrollado alguna actividad geofísica de escasa duración. No se han llevado a cabo trabajos de perforación.



## ZONA III.—(SAHARA)

## A. RESUMEN DE ACTIVIDADES Y COMENTARIOS GENERALES

Durante 1963 se acusó marcadamente el declive de actividades que se previó para este año en el informe anterior. Las actividades de exploración geológica y geofísica quedaron muy reducidas, así como las de perforación. Varias compañías han cesado en sus actividades y se han presentado peticiones de renuncias de permisos en áreas extensas.

Se trabajó durante 1963 en nueve sondeos, de los cuales cuatro estaban ya iniciados a fin del año 1962 y quedaron terminados en 1963, tres se iniciaron y terminaron durante 1963 y dos se iniciaron en 1963; de estos últimos no se tiene información.

Como la información no es completa, sino para seis perforaciones, no podemos dar las cifras totales de metros perforados. En estos seis sondeos se completaron 16.377 metros de sondeo, y en dos de ellos se cortaron indicios.

AMOSPAIN-EPESSA (CALTEX-INI) completa una perforación, su segunda, que alcanzó 1,881 metros y cortó indicios.

ATLANTIC inició una perforación casi a fin del año 1963, que continuaba sus operaciones al empezar el 1964.

CEPSA-SPANGOC ha llevado a cabo por lo menos un sondeo profundo, que alcanzó 3.455 metros y cortó indicios densos.

CHAMPLIN y asociadas terminan un sondeo iniciado en 1962, que alcanzó 4.385 metros, y de los cuales los 1.931 metros finales se perforaron durante 1963. El resultado fue negativo.

PAHOC (PAN AMERICAN-INI) lleva a cabo su primera perforación, que alcanzó 3.000 metros de profundidad, con resultados negativos.

PHILLIPS completa su primer sondeo, iniciado en 1962, que alcanzó la profundidad de 2.080 metros, de los cuales la mayor parte debieron ser perforados durante 1962. Cortó indicios de gas.

TIDEWATER y asociadas no informan, pero terminó con seguridad una perforación iniciada a fines del año 1962.

VALDEBRO trabaja en dos sondeos, uno iniciado en 1962, que alcanzó una profundidad de 1.576 metros y resultado negativo, de los cuales 1.012 metros perforados durante 1963, y otro iniciado al finalizar el año 1963.

Se trabajó, por consiguiente, en nueve sondeos, sumando los datos conocidos (incompletos), 10.897 metros de perforación. Cuatro de ellos estaban ya iniciados a fines de 1962 y dos quedaban pendientes de terminación a fines de 1963. Fueron llevados a cabo por ocho compañías. Tres sondeos suministraron indicios.



De las restantes compañías concesionarias que no han tenido actividades de perforación, IPESA informa que ha llevado a cabo investigaciones geológicas y geofísicas. RICHFIELD, la renuncia a todos sus permisos y cese en las actividades.

No ha habido cambio en los estatutos o asociaciones de las compañías durante 1963, ni se han solicitado nuevas concesiones de permisos.

Han pedido solicitudes de renuncia a permisos de investigación y los tienen concedidos o en trámite, las siguientes compañías y asociaciones: ATLANTIC, CEPESA-SPANGOC, CHAMPLIN, PHILLIPS, RICHFIELD y asociadas, TIDEWATER y asociadas, y UNIÓN y asociadas, renunciadas que abarcan áreas importantes.

La renuncia es total para CHAMPLIN, PHILLIPS, RICHFIELD, TIDEWATER y UNIÓN (y asociadas); parcial para SPANGOC (3-10-66 y 97) y para ATLANTIC (12). Quedan por consiguiente vivas las cuadrículas 5-6-9-17-18-22-31-32-41-44-45-47-51-57-65-67 y 77, pero VALDEBRO acaba de solicitar renuncia de las cuadrículas 17 y 44.

Por consiguiente, y como se preveía en el informe de 1962, el declive ha sido muy rápido. Mantengo las consideraciones que hice entonces acerca de la política petrolera en el territorio sahariano, pero he de añadir que otros factores importantes intervinieron también en la rápida cancelación de actividades por muchas compañías, como fueron los intereses despertados por nuevas investigaciones en Australia y en el Mar del Norte, que atrajeron en masa a las compañías, como antes les habían atraído al Sahara los descubrimientos en su zona oriental. Este interés perjudicó notablemente a nuestras investigaciones al restarles estímulo y también personal y medios económicos y mecánicos, desplazados a otras nuevas zonas de acción.

Al iniciarse la retirada de las compañías fundamentales, se retiran también los contratistas y las de operaciones auxiliares, tan importantes, lo que hace más difícil y precario el funcionamiento de las restantes.

No obstante, no solamente se prolongarán las actividades de algunas compañías, sino que parece que otras entidades, que hasta ahora no habían intervenido en las operaciones de la zona III, pasarán a llenar al menos parte del hueco dejado por las compañías en retirada.

COMPAÑÍAS O ASOCIACIONES	Perforaciones (N.º de metros)		N.º de Sondeos (solo los indicados durante el año)	
	1963	1962	1963	1962
AMOSPAIN-EPESA (INI-CALTEX) ... ..	1.881	3.689	1	1
ATLANTIC ... ..	?	3.605	1	2
CEPSA-SPANGOC ... ..	3.455	17.131	1	18
CHAMPLIN ... ..	1.531	10.900	—	3
PHOC INI ... ..	3.000	—	1	—
PHILLIPS ... ..	?	1.500 ?	—	1
RICHFIELD ... ..	—	3.472	—	1
TIDEWATER ... ..	?	9.600	—	4
VALDEBRO ... ..	1.012	850	1	2
	<b>10.879</b>	<b>50.747</b>	<b>5</b>	<b>32</b>

#### B. ACTIVIDADES DE LAS COMPAÑÍAS

##### AMOSPAIN-EPESA (Caltex-Ini) (Amospain operadora).

##### Actividades geológicas

*Fotogeología.*—Seis meses-equipos de trabajos.

##### Actividades geofísicas

*Gravimétricas-magnetométricas.*—Cuatro meses-equipos por ROBERT H. RAY.

##### Actividades de perforación

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
41	54	AMOSPAIN 2	5 febrero 1963	19 marzo 1963	1.881,7 m.

54. AMONSPAIN 2 (41-1).—*Uetat A1-41.*—En la cuadrícula 41, 12° 52' 27" longitud O. y 25° 55' 31" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

?	0- 193 m.
Cretáceo	193-1.417 m.
Jurásico	1.417-1.737 m.
Basamento	1.737-1.881 m.

Se realizó una prueba en el Jurásico que dio agua salada, con indicios muy pobres de petróleo y gas.

Equipo EMSCO A-800, por contrata con DEUTSCHE TIEFBOHR A. G.

#### ATLANTIC.

*Actividades geológicas.*—Tres meses-equipos de estudios hidrogeológicos en la cuadrícula 77. Seguido por una campaña de perforación de pozos con vistas al abastecimiento de agua para operaciones de sondeo en dicha cuadrícula.

*De superficie.*—Dos meses-equipos de estudios geológicos de carácter regional en la Cuenca de Tinduf.

Durante todo el año continuaron los estudios de gabinete relativos a la información geológica disponible.

*Actividades geofísicas.*—Tres meses-equipos de estudios de gabinete dedicados a la revisión de la información geofísica disponible.

#### Actividades de perforación

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
77	56	ATLANTIC 6	11 dic. 1963	↓	(en 31 dic. 1963 a 1.439,5 m.)

56. ATLANTIC 6 (77-2)-Atlantic 77-2. ↓ —En la cuadrícula 77, 23° 12' 8" latitud N. y 16° 01' 53" longitud O. Perforado por contrata con SONDEOS PETROLÍFEROS, S. A.-SOCIETE DE FORAGES PETROLIERS LANGUEDOCIENNE FORENCO.

#### CIEPSA-SPANGOC (Gulf) (Spangoc operadora).

No suministra información, pero ha llevado a cabo, por lo menos, una perforación profunda.

#### Actividades de perforación

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
97	55	GULF 31	5-7-63	19 septbre. 1963	3.455 m.

55. GULF 31 (97-1).—En la cuadrícula 97, 16° 55' 34" longitud O. y 21° 25' 10" latitud N. Alcanzó una profundidad de 3.455 metros, habiendo dado muestras de petróleo en el Cretáceo Superior.

#### CHAMPLIN-SUN-PURE-IBERICA DE PETROLEOS. (Champlin operadora).

#### Actividades geológicas

*De coordinación.*—Análisis de muestras de sondeos en laboratorio.

*Actividades geofísicas.*—En el gabinete, nuevos estudios de los datos anteriores.

#### Actividades de perforación

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
23	50	CHAMPLIN 3	9 nov. 1962	6 marzo 1963	4.385 m.

50. CHAMPLIN 3 (23-2).—*Corc 23-2.*—En la cuadrícula 23, 12° 51' 52" longitud O. y 26° 27' 36" latitud N.

Cortó: Arcillas, arenas, calizas, dolomías y margas.

Equipo MID CONTINENT (UNIT RIG.). Por contrata con LOFFLAND BROTHERS.

#### I. P. E. S. A. (Magellan, Ini, Safrep, Ausonia) Ipesa Operadora.

*Actividades geológicas.*—Un mes-equipos de trabajos de superficie.

*Actividades geofísicas*

*Sísmicas de reflexión.*—Tres y medio meses-equipos de trabajos, por contrata con la Compañía General de Geofísica.

*Actividades de perforación.*—Ninguna durante el año.

**PAHOC-INI (Panamerican operadora)**

*Actividades geológicas.*—Trabajos geológicos de coordinación.

*Actividades geofísicas.*—No hubo actividades de campo. Se realizaron trabajos de gabinete.

*Actividades de perforación.*

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
6	53	PANAMERICAN 1	2 febrero 1963	10 junio 1963	3.001 m.

53. PANAMERICAN 1. (6-1).—*Pahoc 6-1.*—En la cuadrícula 6, 9° 57' 34" longitud O. y 27° 32' 38" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Cretáceo	0- 178 m.
Carbonífero	178- 827 m.
Dev. Superior	827-2.230 m.
Dev. Inferior	2.230-2.276 m.
Gotlandes	2.276-2.990 m.
Ordovicense	2.990-3.001 m.

No dio ningún indicio de petróleo, pero sí ligeros indicios de gas. Se realizaron logs eléctricos y microlog-caliper. Equipo IDECO-SUPER 7/11, por contrata con CAMDRILL.

**PHILLIPS.***Actividades de perforación*

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
11	49	PHILLIPS 1	26 octubre 1962	21 enero 1963	2.080,3 m.

49. PHILLIPS 1.—*El Hach 11-1.*—En la cuadrícula 11, 10° 51' 26,9" longitud O. y 27° 7' 18,8" latitud N. (Greenwich, 00°).

Cortó las siguientes formaciones:

Devoniano Superior	0- 870 m.	Arcillas grises y calizas.
Devoniano Medio	870-1.200 m.	Arcillas grises.
Devoniano Inferior	1.200-1.716 m.	Arcilla gris, arenisca gris y caliza.
Siluriano	1.716-1.787 m.	Arcillas negras.
Cambro-Ordovicense	1.787-2.069 m.	Arenisca gris, arcilla gris.
Pre-Cambriano	2.069-2.080 m.	Granito gris.

Dio un débil desprendimiento de gas. Se realizaron seis pruebas de resultados negativos. Equipo CONTINENTAL EMSCO 800, por contrata con DEUTSCHE TIEFBOHR A. G.

**RICHFIELD-CAMPSA-CITLES SERVICE-BANESTO (Richfield operadora).**

No se realizó trabajo alguno durante 1963 por retirada de las actividades, habiendo pedido la renuncia de todos los permisos.

**TIDEWATER-SOHIO-URQUIJO (Tidewater operadora).**

No suministra información por retirada de las actividades durante 1963.

Terminó no obstante su perforación TIDEWATER 4, que estaba en marcha a fines del 62.

*Actividades de perforación.*

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
7	51	TIDEWATER 7-1	13-11-62	2 abril 1963	3.333,8 m.

51. TIDEWATER 4 (7-1).—*Tidewater 7-1.*—En la cuadrícula 7, zona oeste de la cuenca de Tuidont, 09° 00' 06" longitud O. y 27° 34' 17" latitud N. Alcanzó una profundidad de 3.333,8 metros.

**UNION-IBERICA DE PETROLEOS (Unión operadora).**

No da cuenta de ninguna actividad, solamente de la renuncia a las cuadrículas 1, 2 y 8 de la III zona, con fecha 2 de marzo de 1963.

**VALDEBRO (Ini-Gao) (Valdebro operadora).**

*Actividades geológicas.*—Medio mes-equipo de control geológico de los sondeos Semara 2-17 y 3-17. En gabinete reinterpretación y coordinación de la información obtenida en campañas anteriores y la de los sondeos 1-17, 2-17 y 3-17.

*Actividades geofísicas*

*Sísmica.*—Reinterpretación de la información obtenida en campañas anteriores, tanto en la cuadrícula 17 como en la 44.

*Actividades de perforación*

Cuadrícula	NUMERO DE ORDEN		Iniciado	Terminado	Profundidad
	General	De la Compañía			
17	52	VALDEBRO 2	12 dic. 1962	6 marzo 1963	1.576 m.
17	57	VALDEBRO 3	23 dic. 1963	↓	35,7 m. ↓

52. VALDEBRO 2.—*Semara 2-17.*—En la cuadrícula 17, anticlinal de Uad Aesli, a unos 17,5 kilómetros al O.-NO. de Semara, 11° 45' 35" longitud O. y 26° 42' 27" longitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Devoniano Medio	0- 494 m.
Devoniano Inferior	494-1.359 m.
Gotlandense	1.359-1.561 m.
Ordovicense	1.561-1.576 m.

Se realizó una prueba de testificación eléctrica. No dio ningún indicio de hidrocarburos. Equipo CONTINENTAL EMSCO GB-250, por contrata con FALCON SEABOARD.

57. VALDEBRO 3.—*Semara 3-17 ↓.*—En la cuadrícula 17, anticlinal de Uad Aesli, a unos 1.100 metros al N. del sondeo de Semara 2-17, 11° 45' 34" longitud O. y 26° 43' 15" latitud N.

Cortó las siguientes formaciones:

Devoniano Medio	0-35,7 m. ↓
-----------------	-------------

No se realizó ninguna prueba ni dio ningún indicio de hidrocarburos. La perforación continuaba en 31 de diciembre de 1963. Equipo portátil, por contrata con IBÉRICA DE SONDEOS, S. A.

## C. NUEVAS ASOCIACIONES DURANTE 1963

No las hubo.

## D. NUEVOS PERMISOS DURANTE 1963

No hubo peticiones de nuevos permisos.

## E. RENUNCIAS O ALTERACIONES EN LAS COMPAÑÍAS DURANTE 1963

Nombre de la Compañía	Superficie renunciada	Fecha de la renuncia	Z O N A
ATLANTIC	Renuncia a la cuadrícula 12 (244.083 Has.).	8 agosto 1963	
CAMPSA	Renuncia a la cuadrícula 39 (217.500 Has.). Renuncia a la cuadrícula 40 (246.931 Has.). Renuncia a la cuadrícula 43 (274.000 Has.).	20 julio 1963 » »	
CEPSA-SPANGOC	Renuncia al permiso de «Vascongadas», cuadrícula 10 (244.083 Has.). Renuncia al permiso de «Zalamea», cuadrícula 65 (251.270 Has.). Renuncia al permiso de «Sevilla», cuadrícula 3 (243.350 Has.). Renuncia al permiso de «Covadonga», cuadrícula 97 (257.645 Has.).	8 agosto 1963 » 15 octubre 1963 » 11 noviembre 1963	
CHAMPLIN	Renuncia al permiso de «Sunoco núm. 1», cuadrícula 15 (312.000 Has.). Renuncia al permiso de «Sunoco núm. 3», cuadrícula 23 (245.523 Has.).	15 abril 1963	
PHILLIPS	Renuncia al permiso de «Argán», cuadrícula 4 (243.350 Has.). Renuncia al permiso de «Randaf El-Hach», cuadrícula 11 (244.083 Has.).	8 agosto 1963 »	
RICHFIELD	Renuncia a la cuadrícula 30 (161.500 Has.).	20 julio 1963	
TIDEWATER	Renuncia al permiso de «Laagued», cuadrícula 7 (243.350 Has.).	8 agosto 1963	

Nombre de la Compañía	Superficie renunciada	Fecha de la renuncia	Z O N A
TIDEWATER	Renuncia al permiso de «Farsia», cuadrícula 13 (244.083 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Aadme-Rich», cuadrícula 14 (244.083 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Remz-Elben», cuadrícula 24 (245.523 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Wadi», cuadrícula 48 (248.305 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Seco», cuadrícula 52 (248.980 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Spanro», cuadrícula 53 (248.980 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Gacela», cuadrícula 60 (308.500 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Arenoso», cuadrícula 56 (249.646 Has.).	»	
UNION OIL CO	Renuncia al permiso de «Dacor», cuadrícula 1 (202.500 Has.).	11 marzo 1963	
	Renuncia al permiso de «Hagunia», cuadrícula 2 (243.350 Has.).	»	
	Renuncia al permiso de «Aaiun», cuadrícula 8 (257.400 Has.).	»	

## F. COMPAÑÍAS CONTRATISTAS DURANTE 1963

CONTRATANTE	Geología o Foto geología	Geofísica	Sondeos	Equipo
AMONSPAIN-EPESSA	—	ROBERT H. RAY	DEUTSCHE TIEF- BOHR	EMSCO A-800
ATLANTIC	—	—	FORENCO	—
CIEPSA-SPANGOC	—	—	—	—
CHAMPLIN - SUN - PURE- IBÉRICA DE PETRÓLEOS	+	+	LOFFLAND BRO- THERS	MID CONTINENT UNI RIG
IPESA	—	—	+	+
PAHOCHINI	—	+	CAMDRILL	IDECO SUPER 7 x 11
PHILLIPS	+	+	DEUTSCHE TIEF- BOHR A. G.	EMSCO A 800
RICHFIELD - CAMPSA - CI- TIES SERVICE BANESTO	+	+	—	+
TIDEWATER - SOHIO - UR- QUIJO	—	+	—	—
UNIÓN IBÉRICA DE PE- TRÓLEOS	—	—	—	—
VALDEBRO	—	—	IBÉRICA DE SON- DEOS	CONTINENTAL EMSCO GB 250

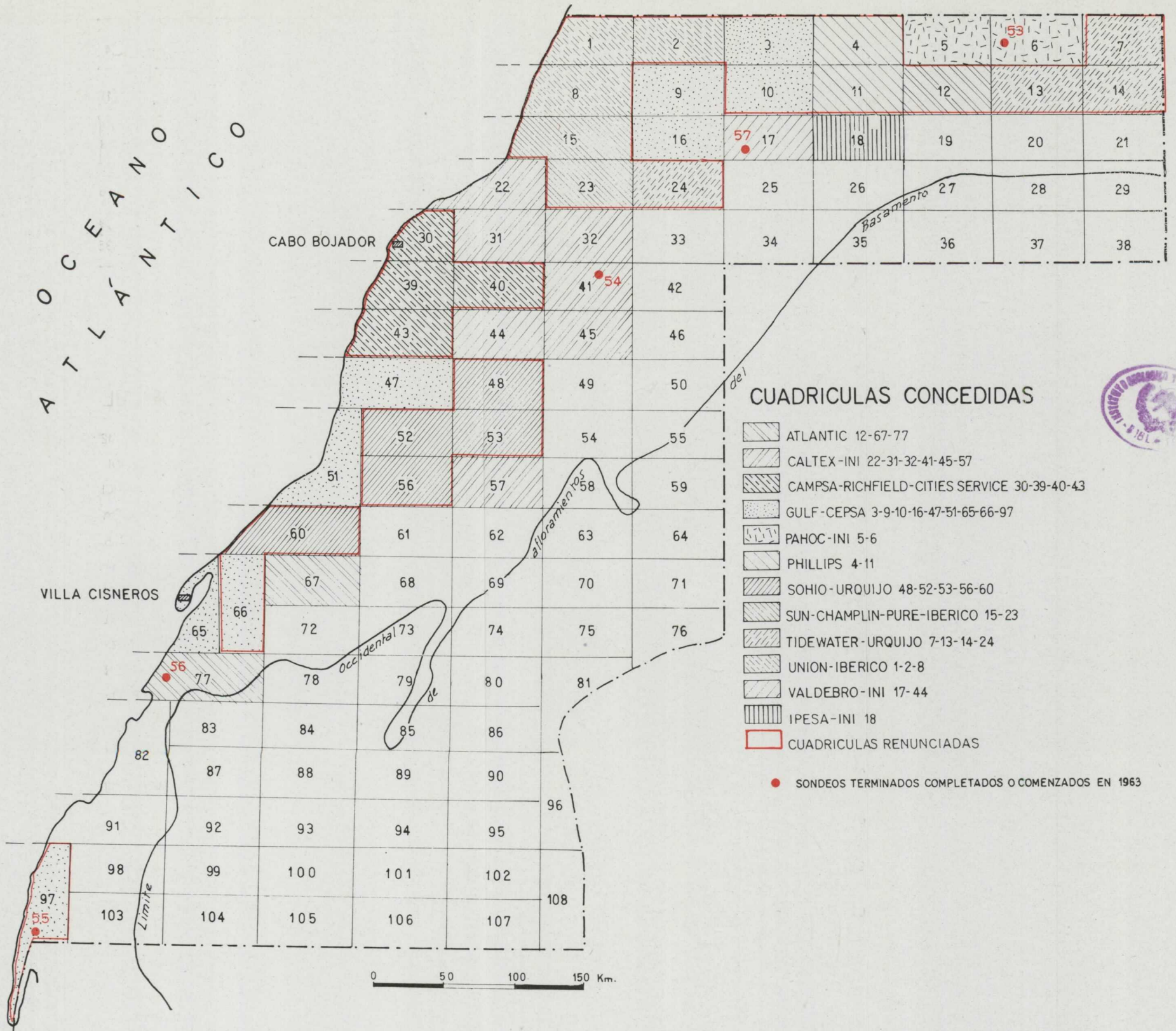
— Quiere decir indistintamente que ha hecho el trabajo por sí misma o que no ha suministrado información.

+ Quiere decir que no ha tenido actividad de esa clase.

## G. DESIGNACIONES Y AFILIACIONES DE LAS COMPAÑÍAS

No hubo cambios durante 1963.

ATLANTICO



CUADRICULAS CONCEDIDAS

- ATLANTIC 12-67-77
- CALTEX - INI 22-31-32-41-45-57
- CAMPSA-RICHFIELD-CITIES SERVICE 30-39-40-43
- GULF - CEPESA 3-9-10-16-47-51-65-66-97
- PAHOC - INI 5-6
- PHILLIPS 4-11
- SOHIO - URQUIJO 48-52-53-56-60
- SUN - CHAMPLIN - PURE - IBERICO 15-23
- TIDEWATER - URQUIJO 7-13-14-24
- UNION - IBERICO 1-2-8
- VALDEBRO - INI 17-44
- IPESA - INI 18
- CUADRICULAS RENUNCIADAS

● SONDEOS TERMINADOS COMPLETADOS O COMENZADOS EN 1963





H. RELACIÓN DE SONDEOS POR COMPAÑÍAS

NUMERO DE ORDEN		Cuadrícula	SONDEOS	Coordenadas	Iniciado	Terminado	Profundidad	RESULTADO
General	de la Compañía							
AMONSPAIN (CALTEX IN) (AMONSPAIN OPERADORA)								
54	2	41	Uetat A-1-41	25° 55' 31" N. 12° 52' 27" O.	5- 2-1963	19- 3-1963	1.881	Indicios
ATLANTIC								
56	6	77	77-2	23° 12' 08" N. 16° 01' 53" O.	11-12-1963			
CEPSA SPAGNOC (GULF) (SPANGOC OPERADORA)								
55	31	97	97-1	21° 25' 00" N. 16° 56' 00" O.	6- 7-1963	19- 9-1963	3.455	Indicios l.
CHAMPLIN SUN PURE IBERICA (CHAMPLIN OPERADORA)								
50	3	23	Corc 23-2	26° 27' 36" N. 12° 51' 52" O.	9-11-1962	6- 3-1963	4.385	Negativo
PAHOC-INI (PANAMERICAN OPERADORA)								
53	1	6	6-1	27° 32' 38" N. 09° 57' 34" O.	2- 2-1963	10- 6-1963	3.000	Negativo
P H I L L I P S								
49	3	11	El Hach 11-1	27° 07' 18" N. 10° 51' 26" O.	26-10-1962	21- 1-1963	2.080	Indicios g.
TIDEWATER SOHIO-URQUIJO (TIDEWATER OPERADORA)								
51	4	7	7-1	27° 34' 17' N. 09° 00' 06" O.	13-11-1962	2- 4-1963	3.333	
VALDEBRO-INGAO (VALDEBRO OPERADORA)								
52	2	17	Semara 2-17	26° 42' 27" N. 11° 45' 35' O.	12-12-1962	6- 3-1963	1.576	Negativo
57	3	17	Semara 3-17	26° 43' 15" N. 11° 45' 34" O.	22-12-1963			

## I. RELACIÓN DE SONDEOS POR N.º GRAL. (ZONA III - SAHARA)

Núm. de orden Clasificación gen.	SONDEOS	Cuadric.	COMPañIA Y NÚMERO	INICIADO	TERMINADO	RESULTADO	Profundidad
49	EL HACH II-1	11	PHILLIPS 3	26-10-1962	21-1-1963	Indicios g.	2.080
50	CORC 2-23	23	CHAMPLIN-SUN-PURE-IBÉRICA 3	9-11-1962	6-3-1963	Negativo	4.385
51	1-7	7	TIDEWATER-SOHIO 4	13-11-1962	2-4-1963	?	3.333
52	SEMARA 17-2	17	VALDEBRO 2	12-12-1962	6-3-1963	Negativo	1.576
53	6-1	6	PANAMERICAN 1	2-2-1963	10-6-1963	Negativo	3.000
54	UFAT A-1-41	41	AMONSPAIN-EPSSA 2	5-2-1963	19-3-1963	Indicios	1.881
55	97-1	97	CEPSA-GULF 31	5-7-1963	19-9-1963	Negativo	3.455
56	77-2	77	ATLANTIC 6	11-12-1963	↓		↓
57	SEMARA 17-3	17	VALDEBRO 3	23-12-1963	↓		↓

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A.: *Las investigaciones petrolíferas en la vertiente sur pirenaica*. «Pirineos», números 31-32. Zaragoza, 1954.
- — *Symposium sobre yacimientos de petróleo y gas. La investigación petrolífera en España*. XX Congreso Geológico Internacional. 39 págs. México, 1956.
- — *Synthèse Stratigraphique du Bassin de l'Ebre*. III<sup>e</sup> Congrès National du Pétrole Française. Pau, 1957.
- — *La vertiente sur pirenaica desde el punto de vista de la investigación petrolífera*. NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN. DE ESP., núm. 50. 38 págs. Madrid, 1958.
- — *El Ebro y el petróleo*. Conferencia pronunciada en a Real Sociedad Geográfica. Madrid, 1959.
- — *Geología del petróleo en España*. Conferencia inaugural del curso sobre investigación, explotación, transporte y refinado de hidrocarburos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- BENTZ, A.: *Petróleo en Alemania*. (Introducción por J. M.<sup>a</sup> Ríos.) N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 15. Madrid, 1946.
- CAMPSA: *Prospección petrolífera*. Folleto de Información. Madrid, 1953.
- DUPUY DE LÔME, E.: *Las investigaciones de petróleo en España*. «Bol. del I. G. y M. de ESPAÑA», t. III. Madrid, 1937.
- — *Terrenos petrolíferos españoles*. «B. O. de la Dirección General de Minas», año XXI, número 237, febrero-marzo.
- — y SÁNCHEZ LOZANO: *Un aspecto de las investigaciones petrolíferas en España*. CLXXV aniversario de la Escuela de Minas. Madrid.
- ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS: *Conferencia de diversos autores en el Curso de Hidrocarburos, 1960-61*.
- GARRIDO, J.: *La prospección de petróleos en España*. «Combustibles», año VII, núms. 43 y 46. Zaragoza, 1948.
- GÁVALA, J.: *Regiones petrolíferas en Andalucía*. «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. XXXVII. Madrid, 1916.
- — *Yacimientos de petróleo en Huidobro (Burgos)*. «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. XXXVII, pág. 265, segunda serie, tomo XVII. Madrid, 1916.
- — y J. M.<sup>a</sup> Ríos: *Actividades de Adaro y Valdebro en la investigación de hidrocarburos*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 38, pág. 121. Madrid, 1955.
- GIL RUIZ, R.: *El camino a seguir para el descubrimiento de los combustibles sólidos y líquidos en España*. «B. O. de Minas y Metalurgia», núm. 108, pág. 447. Madrid, 1926.
- GIMÉNEZ AGUILAR, J.: *El yacimiento petrolífero de Cuenca*. «Bol. R. S. E. de H. H.», tomo 28, pág. 39. Madrid, 1928.
- GONZÁLEZ LASALA, J.: *Areniscas bituminosas petrolíferas del Puerto del Escudo en los conjuenes de las provincias de Santander y Burgos*. «Bol. Com. del Mapa Geológico de España», t. III, págs. 235-291. Madrid, 1876.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: *Noticias sobre los petróleos de Garrucha (Almería)*. «Revista Minera», t. 82. 35. Madrid, 1931.
- — *Investigaciones petrolíferas en España*. «Revista Minera», serie C, pág. 1. Madrid, 1935.
- — *Aportación a la bibliografía del petróleo en España*. N. Y C. DEL I. G. Y M. DE ESPAÑA, núm. 15. Madrid, 1946.

- HEVIA, T.: *Pizarras bituminosas de la Sierra de Bodes (provincia de Oviedo)*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 12. Madrid, 1944.
- I. N. I.: *Aportación del Instituto Nacional de Industria a las investigaciones de hidrocarburos*. «Revista INI», oct-nov. 1961.
- JORGE E. DE: *Registros de petróleos en Santander*. «B. O. de Mineralogía y Metalurgia», número 88, pág. 966. Madrid, 1924.
- MARÍN, A.: *El petróleo en España*. Discurso de inauguración del curso académico en la Real Academia de Ciencias de Madrid, noviembre 1947.
- — *El petróleo en España*. Revista «Combustibles», núms. 41 y 42. Zaragoza, 1948.
- MAZARRASA, J. H.: *Estudio de las sustancias bituminosas de la provincia de Santander. El problema del petróleo en España*. «B. O. de Minería y Metalurgia», núm. 75. 1923.
- — *Estudio de yacimientos petrolíferos y sustancias bituminosas*. «Catálogo Descriptivo de Criaderos Minerales de España», Consejo de Minería, t. 2, fasc. 20. Madrid, 1934.
- MIR, N.: *Estudio de la zona petrolífera del Pirineo catalán en las provincias de Barcelona y Gerona*. «B. O. de Minería y Metalurgia», núms. 49 y 50. Madrid, 1921.
- MONTESINOS, L.: *Los combustibles líquidos nacionales*. «Bol. del Instituto Geológico y Minero de España», t. LI, pág. 323. Madrid, 1929.
- NOVO, P. DE: *La investigación del petróleo en la Península* «Revista Minera», pág. 405, 1925.
- — *Les gisements de pétrole en Espagne*. Congreso Geológico Internacional, C. R. de la XII ses., tercero, pág. 1349. Leija, 1926.
- O'SHEA, G.: *Informe del Instituto Geológico y Minero de España sobre las pizarras bituminosas de la provincia de Soria*. «Boletín Oficial de Minas», núm. 8. 1918.
- RÍOS, J. M.<sup>a</sup>: *Las investigaciones del petróleo en España*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 19. Madrid, 1949.
- — *Breve noticia del estado actual de las investigaciones del petróleo en España*. VII Congreso Nazionale del Metano e del Petrólio. Sezione I. Palermo. 1952.
- — *Comentarios al artículo de H. D. Hedberg: Perspectivas petrolíferas mundiales desde un punto de vista geológico*. N. y C. DEL I. G. DE ESPAÑA, núm. 39. Madrid, 1955.
- — *Marcha de las investigaciones de petróleo en España, 1952-55*. Revista «Combustibles», año XV, núms. 78 y 79. Zaragoza, 1955.
- — *La búsqueda del petróleo en España*. «Minería y Metalurgia».
- — *The Search for Oil in Spain*. «World Petroleum», Nueva York, octubre 1956.
- — *Recent petroleum activities in Spain*. «World Petroleum», pág. 53. Nueva York, marzo 1958.
- — *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo en España desde 1939*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 50. 1958.
- — *Comentarios acerca de las consecuencias geológicas de los sondeos de investigación de petróleos*. «Min. y Met.», año XIX, núm. 214. Madrid, febrero 1959.
- — *Algunas consideraciones acerca del enjuiciamiento del Valle del Ebro en sus posibilidades petrolíferas*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 53. Madrid, 1959.
- — *Problemas que plantea la investigación de petróleos en España*. Revista «Arbor», número 160. Madrid, abril 1959.
- — *Algunas áreas especiales de las zonas sub-pirreñaica y de la cuenca del Ebro*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA. Madrid, 1960 (en prensa).
- — *Criterios cartográficos en prospección de petróleo. Curso de petróleo de la Escuela de Minas*. Madrid, 1960-61.
- — *Posibilidades petrolíferas del subsuelo español en su relación con el origen del petróleo y sus condiciones de yacimiento*. Ed. Alhambra. Madrid, 1960.
- — *Relación de los principales sondeos para investigación de petróleos llevados a cabo*

- desde 1939 hasta mayo de 1960*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 59, III trimestre, año 1960. Madrid, pp. 133-166. Un cuadro y cinco láminas.
- — *Relación de las principales actividades para la investigación de hidrocarburos llevadas a cabo durante 1960*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 63. Madrid, 1961.
- — *Relación de las principales actividades para la investigación de hidrocarburos llevadas a cabo durante 1961*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 66. Madrid, 1962.
- — *Relación de las principales actividades para la investigación de hidrocarburos llevadas a cabo durante 1962*. N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, núm. 70. Madrid, 1963.
- SAN PEDRO QUEJERETA, F.: *Investigación petrolífera en la Península y en el Sahara*. «Bol. de Información del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas», núm. 48.
- — *La investigación petrolífera en el Sahara Español*. «Bol. de Información del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas», núm. 57.
- — *La investigación petrolífera en la Península*. «Bol. de Información del Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas», núm. 59.
- SANZ, R.: *El petróleo en España*. «Mem. del I. G. y M. de España». Madrid, 1948.
- — *Datos para el conocimiento de los yacimientos primarios de petróleo en las regiones ibero-cantábricas*. «Bol. Inst. Geol. y Min. de España», t. LXIII, pág. 325. Madrid, 1949.
- SONDEOS (Comité Nacional de): *Catalogación provincial de los sondeos efectuados en España*. Madrid, 1929-32.
- VALLE DE LERSUNDI, A. DEL: *Investigaciones de petróleo en España*. «Revista Minera», tomo LXXXV. Madrid, 1934.
- VARIOS AUTORES: *Núm. 38 de N. y C. DEL I. G. y M. DE ESPAÑA, dedicado a las investigaciones de petróleos*. Madrid, 1955.
- VIDAL, L. M.: *Yacimientos petrolíferos. Los afloramientos*. «Minería y Metalurgia». Madrid, 1923.

Recibido el 18-IV-1964.



PEDRO GARCIA SALINAS

## INTRODUCCION AL ESTUDIO METALOGENICO DE LA MINA «LA RATERA» DE LA PROVINCIA DE HUELVA

### RESUMEN

Se divide el trabajo en dos partes, una objetiva, en la que se describen los minerales existentes en la mina «La Ratera», de la provincia de Huelva, y otra subjetiva, en la cual se interpretan los datos obtenidos en la primera, dando una idea de la posible historia metalogénica del yacimiento.

### SUMMARY

The purpose of this paper is twofold. In the first part, the minerals of the «Ratera» mine in the Huelva province, are described. The second part consists of some considerations on the metallogeny of the ore.

Hacemos la presente publicación con el deseo de contribuir al desarrollo de los conocimientos que, en la actualidad, se tienen de la paragénesis de los yacimientos españoles.

Hemos elegido la mina «La Ratera» por la gran variedad de sus minerales, y, pertenecer a las de sulfuros complejos de la provincia de Huelva, cuyo interés crece por días.

Para este trabajo hemos querido apoyarnos fundamentalmente en el microscopio metalográfico, aunque también hemos empleado un análisis por fluorescencia de rayos X, pero para sucesivas publicaciones nos ayudaremos de todos los medios que poseamos, análisis por fluorescencia y difracción de rayos X con el equipo que hay en la actualidad y con la microsonda, que se va a montar en un futuro muy próximo.

Este trabajo es, en realidad, un intento de contribuir al conocimiento de la paragénesis, como dijimos al principio, y por eso rogamos se nos perdonen las faltas que hayamos deslizado y vean sólo la buena voluntad que nos guía.

Como punto de partida hemos tomado un análisis por fluorescencia de

rayos X, de las 18 muestras que poseemos de dicho yacimiento. Para este análisis se empleó el aparato Philips modelo PW 1051 y se consideraron los elementos de peso atómico superior al del titanio. Los elementos así obtenidos son Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Mn, y Ti.

Para el estudio metalográfico se hicieron 18 preparaciones con la máquina de pulido marca Dürerer, H. Depiereux y Düren, que emplea discos de plomo.

Al estudiarlas ópticamente encontramos los doce minerales siguientes:

Arseniuros de níquel y cobalto, Bismuto nativo, Blenda, Bornita, Calcopirita, Galena, Hematites, Linneita, Marcasita, Pentlandita, Pirita y Pirrotita.

Vamos a describir uno por uno estos minerales, siguiendo el orden alfabético, y luego trataremos de dar algunas interpretaciones de lo visto.

Arseniuros de níquel y cobalto hay muy pocos. No están presentes en más de tres muestras, de las dieciocho estudiadas, y en éstas en tan poca cantidad, que su citación es sólo por el interés de la asociación. Para su reconocimiento hemos tenido que emplear seiscientos aumentos, y a pesar de ello no les pudimos medir la reflectividad. Su reconocimiento ha sido, por tanto, sólo *de visu*.

Estos arseniuros se presentan siempre acompañando al bismuto nativo, el cual también es muy poco abundante, aunque algo más que los minerales anteriores, pero tampoco en cantidad suficiente como para hacer mediciones. Para su reconocimiento *de visu* fue necesario el empleo de seiscientos aumentos.

La blenda, presente en dieciséis preparaciones, aparece en forma de filoncillos e inclusiones, acompañada de galena y calcopirita o atravesando piritas. Se le aprecia su reflectividad característica, así como reflexiones internas rojizas, más que amarillas, lo cual nos puede dar un indicio de su alto contenido en hierro. Para esto último también nos puede servir la pirrotina segregada, según las líneas de crucero de la blenda (foto 6). En cuanto a su cantidad diremos que no es muy abundante, y respecto a la edad relativa comparado con la galena no hay caracteres definitivos, aunque por la presencia de «caries» la blenda parece anterior (foto 4).

La bornita, relativamente abundante, está muy ligada a la calcopirita. Todos los cristales de bornita se encuentran relacionados con la calcopirita, pareciendo una transformación de ésta, desde el centro a los bordes. Sin embargo, no todos los cristales de calcopirita están relacionados con bornita.

La calcopirita es el mineral más abundante de los que hemos encontrado y se halla en todas las preparaciones. En lo que respecta a su orden de formación diremos que es de las últimas en formarse y está seguida de la galena y uno de los tipos de pirita. Se la encuentra sustituyendo a la pirita

más antigua, por los bordes y las líneas de crucero (foto 3), así como a la blenda y pirrotina, pero en cambio respeta la linneita y marcasita. Como podemos ver en las fotos, las sustituciones son verdaderamente selectivas (foto 10), (foto 8).

La galena se presenta con mucha frecuencia, pero no es muy abundante. Se encuentra generalmente acompañada por la blenda, a la que le produce «caries» (foto 4), como dijimos antes. En su interior suele haber restos de pirrotina y calcopirita. Generalmente entra sustituyendo desde los bordes de los filoncillos hacia el centro y por ello, a veces, rodea romboedros de calcita, ya que ésta se halla presente en los bordes de los filoncillos metálicos.

Hematites encontramos sólo en dos preparaciones. En una es bastante abundante y está relacionada con la pirita más moderna, que se mete por la separación de sus cristales.

La linneita es el mineral, a nuestro juicio, más interesante, desde el punto de vista metalogénico de estas muestras. Pues la calcopirita, pirrotina, blenda y galena eran conocidas, aunque no hemos visto publicaciones en que se citen todas. Pero la linneita, en este yacimiento, creemos somos los primeros en hacerlo. Se encuentra, además, con abundancia y tamaño suficiente para hacer mediciones que nos aseguren su identidad.

Los cristales son de un idiomorfismo perfecto, con bordes limpios y nunca corroídos, cualquiera que sea el mineral que los rodea, presentan el típico color blanco rosáceo, bien en medio de gangas, pirrotinas, piritas o calcopiritas. Suelen verse secciones cuadradas, aunque también aparecen exágonos.

Es isótropa, y al medirla la reflectividad, con célula fotoeléctrica y luz blanca, se ha obtenido un valor medio de 47,5 por 100, que se ajusta bastante al dado por Bowie y Taylor. Para esta determinación hemos empleado una pirita isótropa de Río Tinto como patrón.

Con el microfotómetro de Berek también hemos obtenido datos que se ajustan bastante a los tabulados, aunque nos separamos más debido a lo subjetivo del método.

Hemos de hacer notar que en las preparaciones donde encontramos más linneita, aumentaba la cantidad de Co en el correspondiente diagrama por fluorescencia de rayos X, y se da el caso de preparaciones en las que no vemos linneita y que tampoco aparezca el Co en los diagramas.

La paragénesis también nos permite pensar en la linneita, además de encontrarse citada en la bibliografía de la zona de Río Tinto.

Al ser relativamente abundante es por lo que la consideramos francamente interesante y digna de citarse de manera especial. De un estudio más detallado de las zonas más ricas es posible se sacasen conclusiones económicas que se salen del fin de este trabajo.

A la marcasita la encontramos en bastantes preparaciones, muy relacionada con la pirita.

Se presenta de diferentes maneras. Una es como nebulosa dentro de la pirita; en cristales muy pequeños, hay necesidad de emplear 600 aumentos para distinguirlos, cuyos bordes son redondeados y da la impresión de un agregado de gotitas.

Otra forma es también dentro de la pirita en cristales prismáticos algo más grandes, aunque sea necesario emplear 600 aumentos para verlos bien. Estos cristales están más aislados unos de otros.

Finalmente un tercer tipo de presentación es el originado a costa de agregados de cristales pequeños de pirita, que se han transformado en bandas de marcasita. Esto se ve perfectamente en las fotografías (foto 7), (foto 8).

Pentlandita hay muy poca, en sólo dos preparaciones la hemos visto, y esto en cristales pequeños dentro de pirrotina. La presencia de níquel en casi todos los diagramas de fluorescencia de rayos X nos hace pensar que dicho elemento debe encontrarse sustituyendo al hierro en la pirrotina o en la pirita, pues sólo estos dos pequeños indicios de pentlandita no nos bastan para decir que dicho elemento se halla en este sulfuro. Por otra parte, la pequeñez de los cristales no nos han permitido hacerles medidas y sólo nos hemos limitado a la apariencia óptica.

La pirita de este yacimiento es de gran interés por las distintas formas y generaciones en las que la encontramos. Tenemos una pirita idiomorfa de bordes corroídos y atravesada por blenda, calcopirita y galena (foto 1) (fotos 2, 3). Otra en pequeños cristales aislados dentro de la ganga. Otra también en pequeños cristales idiomorfos, constituyendo agregados, que en ocasiones se agrupan en bandas y pasan a marcasita (foto 7). Otra sustituye a la calcita a la que seudomorfiza en romboedros perfectos (foto 9). Otra procede de un gel y da lugar a núcleos de pirita bordeados de melnikowita (foto 11). Finalmente, otra es posterior a todos los minerales y es filoniana (foto 12).

Como veremos después, la pirita puede servirnos para hacer una serie de elucidaciones por nuestra parte. Aquí sólo queda decir que, excepto la filoniana final, suele ser algo anisótropa y hay cristales que lo son bastante.

Para terminar con la descripción de los minerales existentes pasamos a la pirrotina. Podemos decir que con mayor o menor abundancia se encuentra en todas las preparaciones, presentando distintas formas. Unas veces en masas compactas filonianas, otras en el interior de piritas como restos de una mineralización anterior o como principio de una sustitución. Otras, acompañada de blenda y galena, atraviesa piritas más antiguas. También la encontramos en líneas de crucero de blenda (foto 6). Finalmente hay

sitios en que la vemos atravesada en líneas de crucero por calcopirita o pirita (foto 5).

Hasta aquí hemos expresado lo que se ve al microscopio; ahora trataremos de relacionar unos datos con otros e interpretarlos siguiendo nuestro particular criterio, que de antemano decimos puede diferir mucho de la realidad. Hemos querido separar el trabajo en estas dos partes, una objetiva y otra subjetiva, para que al menos la primera pueda ser de utilidad a personas más capacitadas en la materia.

En la primera parte hemos visto la variedad de minerales que tenemos; ahora vamos a agruparlos según sus características de deposición. A saber: temperatura de formación y relaciones estructurales.

#### TEMPERATURAS DE FORMACIÓN

Tenemos minerales como la linneita, la pirrotina y la pentlandita, cuyas temperaturas de formación son altas, alrededor de los 470° C y más. Sin embargo, también hay otros típicos de baja temperatura, como son la melnikowita y la marcasita. La segunda de éstas, que es inestable a todas las temperaturas, a menos de encontrarse en presencia de pirita, pasa rápidamente a este mineral por encima de los 350° C.

El resto de los minerales existentes no tienen temperaturas tan definidas de formación, y así el bismuto nativo oscila entre límites muy amplios, como también le ocurre a la pirita.

#### RELACIONES ESTRUCTURALES

Con la idea de resaltar las observaciones ópticas efectuadas, hemos fotografiado las que nos parecen más representativas y las reunimos a continuación, a pesar de haberlas citado con anterioridad.

Así tenemos piritas idiomorfas sustituidas por los bordes y líneas de cruceros por blenda (foto 1), y calcopirita (foto 2), (foto 3). Blenda con «caries» producidas por la galena (foto 4). Pirrotinas sustituidas en sus planos de crucero por pirita (foto 5). Blenda con pirrotina en las líneas de crucero (foto 6). Agrupación de cristales idiomorfos de pirita (foto 7). Bandas de marcasita y sustitución selectiva por calcopirita (foto 8). Sustitución seudomórfica de calcita por pirita (foto 9). Sustitución de calcita por calcopirita respetando la linneita (foto 10). Melnikowita con paso a pirita (foto 11). Blenda atravesada y no sustituida por pirita (foto 12).

## CONSECUENCIAS METALOGÉNICAS

A la vista de los razonamientos y observaciones anteriores, cabe pensar en que el proceso mineralizante empezase a baja temperatura, dando lugar a la melnikowita y marcasita, las cuales necesitan condiciones fisicoquímicas distintas de los otros minerales. Seguidamente pasarían a pirita y éste podría ser el origen de la pirita primitiva.

A continuación tendríamos la venida del resto de los minerales que en parte disolverían la pirita ya formada, dando lugar a un enriquecimiento en hierro de la disolución hidrotermal.

Finalmente tendríamos la mineralización de la pirita que atraviesa las blendas, de cuya época también pensamos que podría ser la que pseudomorfiza los carbonatos, y la que se adentra por las líneas de crucero de la pirrotina. Desde luego hemos de decir que esta última es mucho menos anisótropa que la considerada primitiva y el tono de su amarillo es algo más fuerte. Además es mucho más limpia, no encontrando en su interior restos de otros minerales, ni las nebulosas de marcasita.

Una vez distribuidas en el tiempo las mineralizaciones, veamos lo que va sucediéndole a la disolución hidrotermal. Al disolver en parte las piritas primitivas se enriquece en hierro y la consecuencia inmediata de este enriquecimiento se hace sentir en minerales como la pirrotina y la blenda. La primera por su mayor cantidad de este elemento en la molécula respecto a la pirita, y la segunda por su tono más oscuro y reflexiones internas rojas, además de la pirrotina segregada en sus líneas de crucero. Las blendas con reflexiones internas tan rojas como las de estas muestras pueden pasar del 10 por 100 de Fe en disolución sólida.

También es de interés hacer algunas disquisiciones acerca del níquel que aparece en los diagramas de rayos X y la pirrotina. A la temperatura de 470° C. que debe estar la disolución hidrotermal, al tener linneita, la pentlandita puede disolverse en pirrotina hasta el orden del 40 por 100. Con un enfriamiento lento la pentlandita se segregaría y formaría anillos alrededor de los cristales de pirrotina, pero esto no nos ocurre aquí, ya que sólo hemos visto pentlandina en dos cristales pequeños y, sin embargo, níquel hay en casi todos los diagramas. Consecuencia de esto es que la disolución hidrotermal se ha enfriado rápidamente y el níquel no ha podido separarse, permaneciendo como solución sólida.

Otro punto que apoya esta teoría del rápido enfriamiento es el siguiente: La disolución parte de temperaturas muy altas, por la presencia de linneita, pero no pueden durar mucho porque dentro de las piritas primitivas hay marcasita, y ésta, a pesar de estar rodeada por pirita, pasaría a este otro

mineral al llegar a los 400° C, lo cual ocurriría, a menos que el enfriamiento fuese muy rápido.

Finalmente, hay otra idea que nos parece corroboraría las dos anteriores. Se trata de la presencia, a la vez, de dos minerales de los denominados incompatibles: la bornita y la pirrotina. A la primera le falta hierro para llegar a la calcopirita, y a la segunda le sobre para quedarse en pirita. La presencia conjunta de estos dos minerales la explicamos con el enfriamiento muy rápido de la disolución hidrotermal, que originó la pirrotina antes de que otra venida hidrotermal, rica de más en cobre, diese lugar a la bornita a medio desmezclar de la calcopirita. Desmezcle imperfecto debido a la rapidez del enfriamiento.

Dentro del mismo proceso hidrotermal, y para acabarlo, está la venida de galena.

Por último llega la pirita filoniana, que puede ser de una época muy posterior.

Esto es lo que hemos podido ver en el escaso número de muestras estudiadas y dada la finalidad del trabajo.

Ya tan sólo nos queda agradecer la colaboración a cuantos nos ayudaron, bien con su trabajo, bien con sus consejos, especialmente el Licenciado Pedro Salvador, que nos hizo el estudio de elementos por fluorescencia de rayos X; al Dr. Ingeniero Tirso Fabrel, Jefe del Laboratorio. También agradecemos la amabilidad que nos dispensaron los propietarios de la mina, al permitirnos la presente publicación.

## BIBLIOGRAFÍA

- RAMDOHR (1955): *Die Erzminerale und ihre Verwachsungen*.  
 DOETSCH JORGE (1957): *Esbozo geoquímico y mineralogénico del criadero de piritas «Las Herrerías», Puebla de Guzmán (Huelva)*.  
 «Boletín del Instituto Geológico y Minero de España» (tomo LXVIII), pág. 227 a 306.  
 UYTENBOGAARDT (1951): *Microscopic Identification of ore minerals*.  
 RAMDOHR, P. (1958): *New observations on the Ores of the Witwatersrand in South Africa and their Genetic significance*.  
 «The Geological Society of South Africa». Annexure to Volume LXI.  
 CAMERON EUGENE, N. (1961): *Ore microscopy*.  
 PINEDO VARA ISIDRO (1963): *Piritas de Huelva*.  
 EDWARDS, A. B. (1954): *Textures of the Ore Minerals and their significance*.  
 KLOCKMANN, F. y RAMDOHR, P.: *Tratado de Mineralogía*.

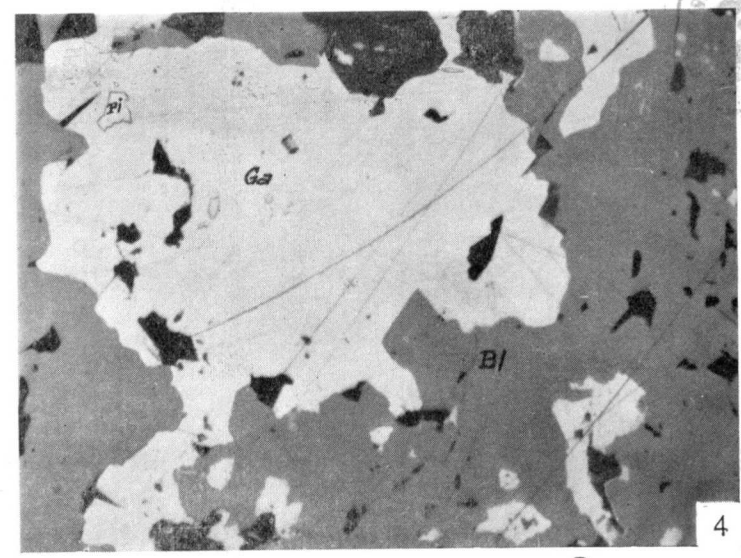
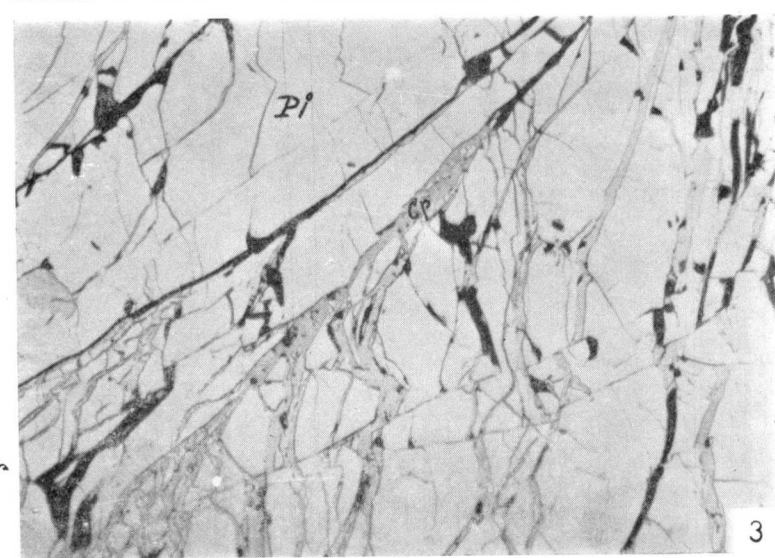
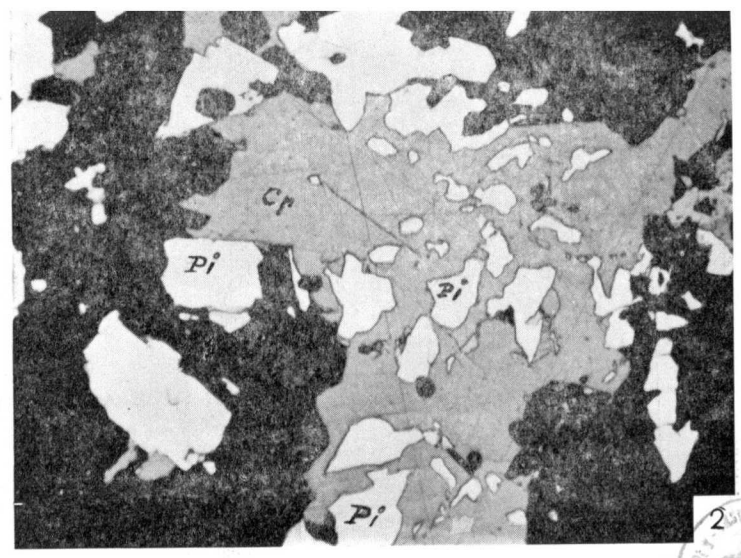
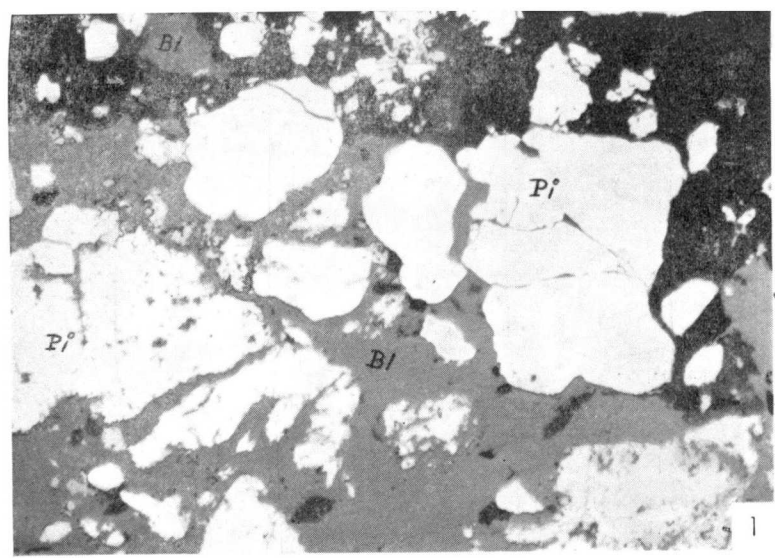


Núm. 1.—× 47. Sin analizador. Piratas idiomorfas sustituidas por los bordes y líneas de crucero por blenda.

Núm. 2.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Piratas idiomorfas sustituidas por los bordes y líneas de crucero por calcopirita.

Núm. 3.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Pirita fracturada y sustituida a través de las fracturas por calcopirita.

Núm. 4.—× 47. Sin analizador. Blenda con «caries» producidas por la galena.

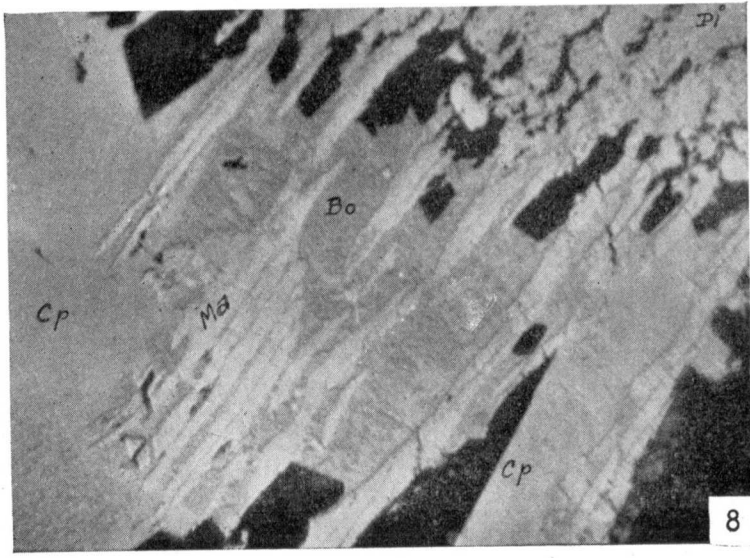
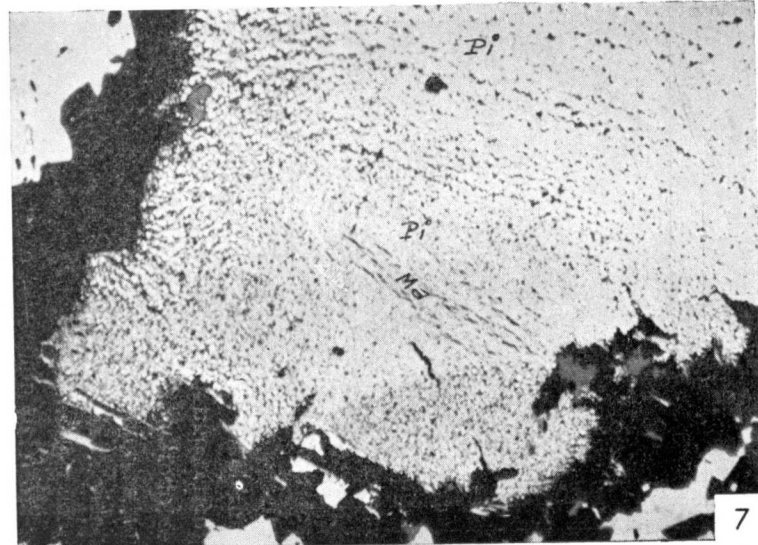
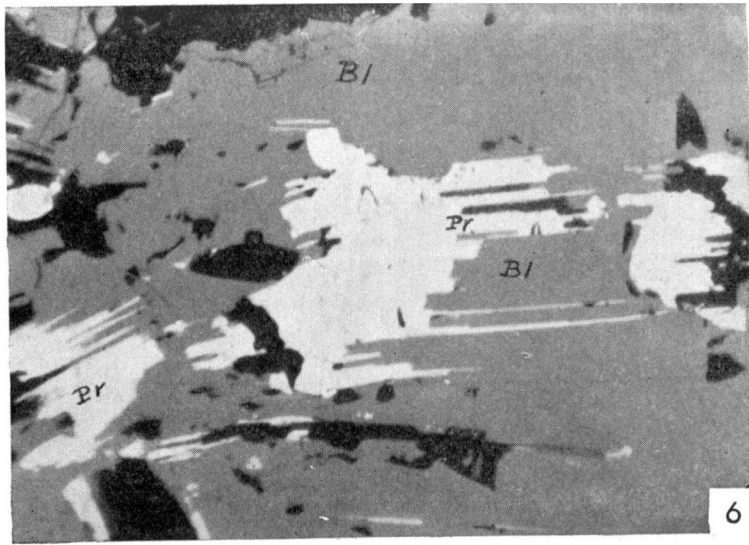
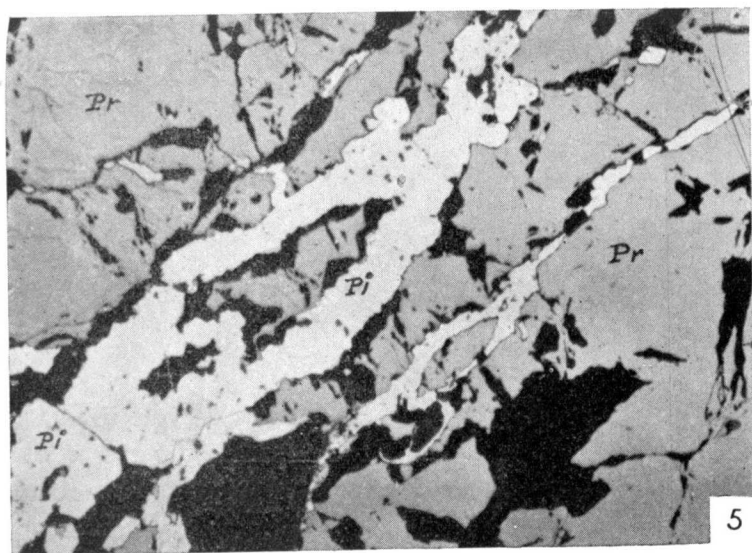


Núm. 5.—× 47. Sin analizador. Pirrotina sustituida por las líneas de crucero por piritita.

Núm. 6.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Blenda con pirrotina en sus líneas de crucero.

Núm. 7.—× 47. Sin analizador. Agrupación de cristales idiomorfos de piritita y comienzo de formación de bandas de marcasita.

Núm. 8.—× 504. Inmersión en aceite. Sin analizador. Bandas de marcasita y sustitución selectiva por calcopirita.

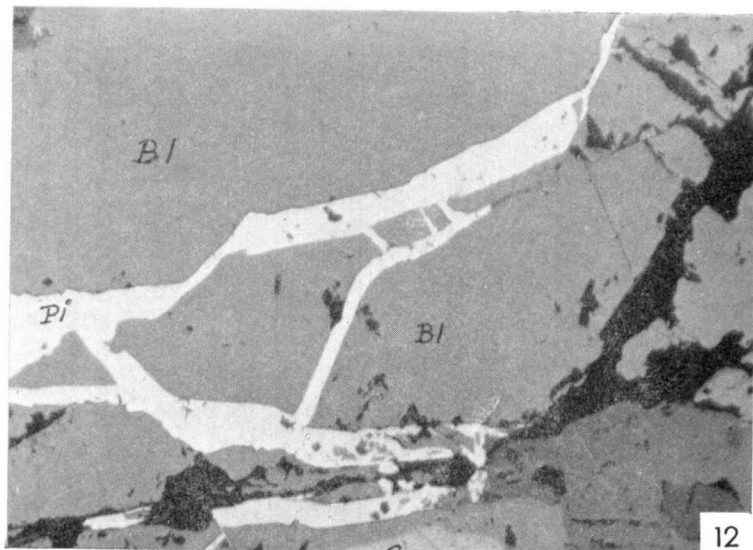
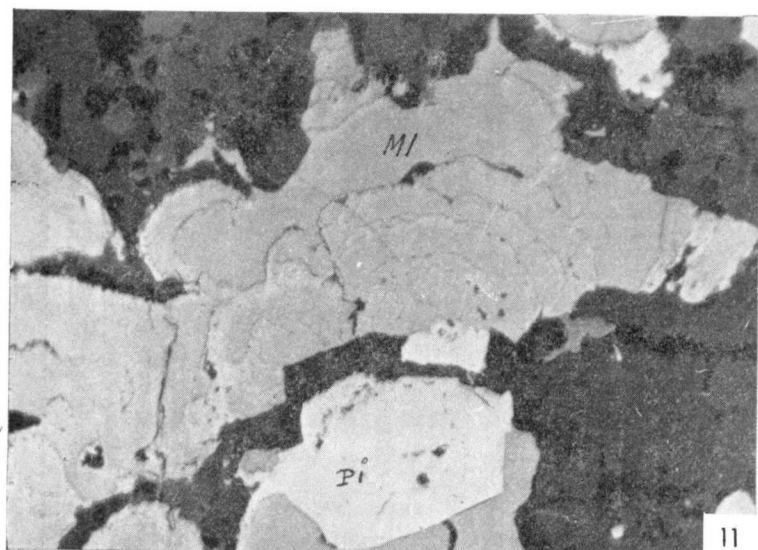
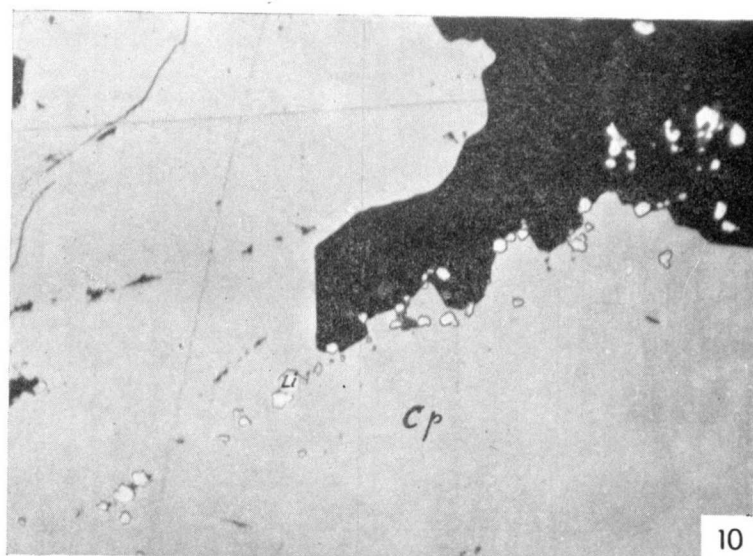
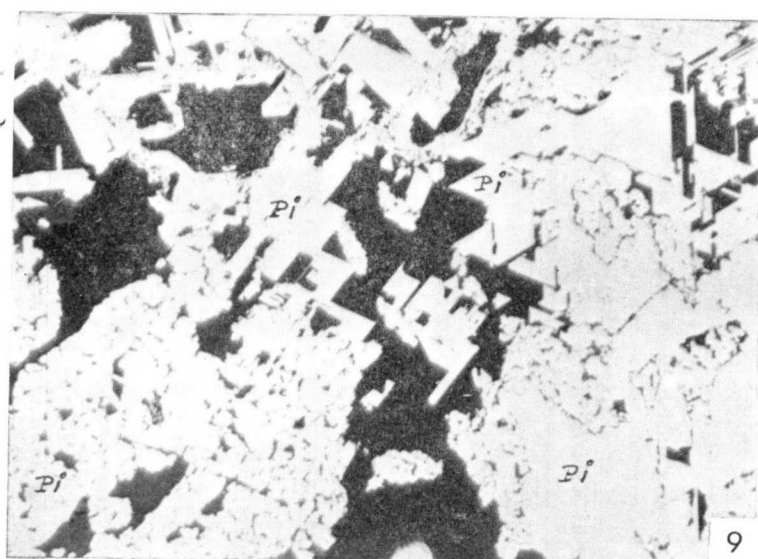


Núm. 9.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Sustitución pseudomórfica de calcita por pirita.

Núm. 10.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Sustitución de calcita por calcopirita respetando la linneita.

Núm. 11.—× 105. Inmersión en aceite. Sin analizador. Melnikowita pasando a pirita.

Núm. 12.—× 47. Sin analizador. Blenda atravesada y no sustituida por pirita.



ANTONIO DUE ROJO, S. I.  
Director del Observatorio de Cartuja (Granada)

## NOTAS PALEONTOLOGICAS

V

### RESUMEN

Se reseñan aquí varios trabajos e investigaciones recientes en orden a la solución de problemas paleontológicos, tales como: 1) las extinciones masivas de especies en épocas críticas de la historia de la Tierra; 2) nuevos procedimientos de datación; 3) yacimientos fosilíferos en circunstancias particularmente favorables; 4) supervivencia de especies que se creían extinguidas; y 5) otros datos interesantes en esta materia.

### SUMMARY

Results of recent investigations in order to solve problems of historical geology are here recorded: 1) the sudden disappearance of many species in critical and mysterious circumstances along the geological periods; 2) some new methods in chronometry; 3) fossiliferous deposits in specially favorable circumstances; 4) rare cases of living organisms until now considered as extincts; and 5) other interesting miscellaneous reports.

### CRISIS BIOLÓGICAS MUNDIALES

Aunque la corriente de vida sobre la Tierra no se ha interrumpido desde sus comienzos hace varios miles de millones de años, y los testigos fósiles de su curso nos certifican de ello, la historia así reconstruída está muy lejos de reflejar un proceso uniforme y continuo en sus pormenores o episodios; por el contrario, se puede calificar de errático, con cambios drásticos y desconcertantes, en los que se pasa a veces de un dominio universal por invasión masiva, que suele denominarse *explosión*, al extremo contrario de una retirada también masiva, no solamente por emigraciones, en gran escala, sino por la total y radical extinción de especies, géneros, familias y hasta grados superiores en la clasificación taxonómica. Que ello esté íntimamente relacionado con modificaciones igualmente violentas y profundas de las con-

diciones climatológicas del medio ambiente, es indudable; y precisamente por ello interesa tanto investigar los efectos observados en organismos vivos, para deducir cuáles fueron las transformaciones geofísicas que los causaron.

Entre los geólogos de hace más de un siglo prevalecían las hipótesis de tipo catastrófico como razón de ser de tales crisis aparentemente repentinas, admitiendo, como Cuvier, que los acontecimientos y factores naturales de entonces tuvieron que ser diferentes de los actuales, ya que éstos no bastan para explicar lo que aquéllos hicieron. Aunque hoy no se concede mucho valor a semejantes soluciones demasiado simplistas, no hay que olvidar que para aquéllos autores la edad de nuestro planeta se reducía a pocos millares de años; en tal supuesto, sus conclusiones eran lógicas y razonables. Al punto de vista *catastrófico* hubo de suceder el *uniformitario*, que ya defendían Hutton en el siglo XVIII, y Lyell en el XIX; el mismo Darwin buscaba la explicación en migraciones generales, alteraciones del ambiente debidas a desigualdades de estratificación por irregularidades de tipo erosivo y otras causas semejantes.

Pero ni las teorías antiguas ni las modernas son capaces de reconstruir satisfactoriamente los hechos, y todavía en la actualidad continúa la discusión; es verdad que las desconcertantes desapariciones de todo un mundo viviente, sobre todo en cuanto a la fauna, más sensible que la flora, a los cambios ambientales, siguen sirviendo de jalones cronológicos para separar unas de otras las épocas geológicas, aunque subsista con frecuencia la duda de si tales cortes, que tan marcados aparecen en las secuencias estratigráficas, son verdaderos «momentos» en la historia terrestre o más bien intervalos acaso de centenares, millares o millones de años. El ejemplo clásico y no por ello mejor explicado, es el de los trilobites, de cuyas 60 familias, explosivamente florecientes durante el Cámbrico, los dos tercios se extinguieron abruptamente al final de ese período, después de un dominio universal de 150 millones de años.

Cerca del término del período Pérmico casi la mitad de familias conocidas de la fauna universal desaparecen de la escena: como nota el paleontólogo alemán Otto Schindewolf, no menos de 24 órdenes y superfamilias sucumben a un mismo tiempo, de suerte que no hay en toda la historia geológica una hecatombe parecida, salvo posiblemente al fin del Cámbrico, y la recuperación, en cierto modo, no llegó sino 15 ó 20 millones más tarde, ya muy avanzado el Triásico. Durante el Pérmico hubo fenómenos parecidos de extinción, así en tierra firme como en los mares; pero en éstos fueron particularmente dramáticos: los fusilínidos, pobladores durante 80 millones de años de los mares someros, y a quienes se deben enormes depósitos calizos formados con sus conchas, fueron las víctimas principales, juntamente con los braquiópodos, tan abundantes en los mares del Paleozóico final, que se

extinguen sin dejar descendencia. Al término del mismo Pérmico es ya el 75 por 100 de las familias de anfibios y más del 80 por 100 de las de reptiles.

La sustitución ulterior de estos anfibios y reptiles por los primeros dinosaurios, dominantes a su vez hasta antes del fin del Triásico, invita a pensar que hubiera aquí una de esas famosas victorias de los más fuertes; pero simultáneamente ocurre algo parecido y en escala igualmente universal con los inofensivos ammonites, incapaces de rivalidad alguna con nadie, y sin embargo de entre 5 familias ampliamente distribuidas, solamente subsiste una al llegar esa misma época, y de ella nacen después, en el Jurásico y Cretácico, otras muchísimas. Tampoco puede invocarse el principio de la supervivencia de especies no especializadas, pues abundan las excepciones desconcertantes y desde luego son más las no especializadas que sucumben que las muy especializadas que sobreviven.

Para complicar todavía más el problema, se ha comprobado que ni siquiera las glaciaciones fueron un factor decisivo, como a primera vista parecía, en los procesos de extinción ocurridos ya en tiempos recientes: en primer lugar, ello sucede precisamente durante la retirada de los hielos, después que las diversas faunas habían superado con éxito tan dura prueba a través de largos períodos glaciales e interglaciales; y en segundo lugar, el clima duro de las glaciaciones no alcanzó a las latitudes bajas, excepto en regiones montañosas, de modo que en los trópicos las condiciones fueron bastante semejantes a las de hoy; y, sin embargo, las extinciones no dejan de ser universales.

Estudios acerca del polen y esporas realizados en muchas regiones del antiguo y nuevo mundo ponen de manifiesto que aquella retirada de los hielos continentales fue acompañada por un cambio climatológico de lluvias abundantes a sequías y de una elevación notable de la temperatura, lo que ocasionó la transformación de selvas en desiertos y estepas; pero consta también que semejantes modificaciones ni fueron tan generales ni en grado suficiente para influir decisivamente en el hábitat de tantas especies.

Hasta se ha pensado en culpar al hombre primitivo de la desaparición de los grandes mamíferos, no precisamente por sus armas de caza, sino acaso por el uso del fuego; y se hace notar que las extinciones coincidieron con el rápido predominio de la agricultura. En Eurasia y África, donde el hombre vivió durante la mayor parte del Pleistoceno asociado con estos animales, las desapariciones no son tan conspicuas ni tan concentradas en la última parte de ese período; y en cuanto a oportunidades para sobrevivir, parece que las tuvieron ampliamente durante millares de años de esa convivencia, y mucho más en América, donde el hombre recién venido difícilmente pudo imponerse al mundo animal, cualesquiera que fuesen los medios empleados para ello. En resumen, solamente es dado hacer conjeturas para reconstruir los hechos, que tan enigmáticamente se presentan.



Quizás sea útil en este trabajo echar una ojeada a los tiempos actuales, en los que estamos presenciando algo semejante a aquellas catastróficas extinciones de seres vivientes, a fin de aplicarles por analogía lo que está sucediendo ahora. La extensión, también explosiva, de la humanidad, con sus hábitos predatorios, por comarcas cada vez más dilatadas, ha significado para ellas el talado de bosques, cultivos especiales, drenaje de tierras, contaminación de aguas, y más recientemente uso y abuso de procedimientos químicos de destrucción, entre los que ocupa un lugar importante el empleo masivo de los insecticidas.

Los ejemplos de destrucción de especies en grandes superficies continentales, y mucho más en determinadas islas, serían fáciles de multiplicar; unas veces directa y otras indirectamente, repercute este influjo en numerosas extinciones contemporáneas, y en no pocas ocurren efectos secundarios y derivados, como cuando la desaparición de ciertos animales implica la de otros, cuya vida dependía de ellos. La conocida «creación de desiertos», de que es ejemplo clásico la acción funesta del ganado caprino, llega evidentemente a ser factor decisivo en la alteración profunda del mismo clima.

A fin de limitarnos aquí a una breve mención de las posibles causas en el hecho que analizamos, citaremos una observación oportuna de dos autores, Salmi y Claud, finlandés el uno y estadounidense el otro: sabido es que la presencia en el suelo vegetal de elementos indispensables, aunque en cantidad infinitesimal (trace elements) es un requisito indispensable para los organismos en general, y su agotamiento, perfectamente comprensible, puede poner fin a la flora y fauna de la región donde lleguen a agotarse; y al revés, el exceso de los mismos cuerpos químicos aportados por los ríos, haría inhabitables algunas parcelas submarinas, aunque esto último estaría forzosamente restringido y no serviría para explicar fenómenos vitales en gran escala.

La solución favorita entre los paleontólogos es la modificación climatológica debida al tránsito, relativamente brusco, del régimen templado con mares poco profundos, a la orogenia y consiguientes desniveles continentales y marinos; pero las investigaciones posteriores han mostrado que las plantas fósiles, excelentes indicadores de los climas antiguos, no revelan semejantes cambios catastróficos (en sentido amplio) al término de los períodos Pérmico, Triásico y Cretácico, u otros tiempos coincidentes con las misteriosas desapariciones en el reino animal. Se ha acudido incluso a variaciones en el oxígeno atmosférico, a radiaciones cósmicas, etc...

Planteadas así la cuestión, todo se reduce a encontrar un hecho geológico bien probado capaz de ejercer un influjo eficaz y a ser posible universal sobre las crisis generales en la vida de los seres vivientes; y el que parece tener más probabilidades es la fluctuación del nivel de los mares, efecto del diastrofismo o alteración del nivel submarino. Y, en efecto, durante gran

parte de los tiempos paleozóicos y mesozoicos (unos 540 millones de años) la superficie terrestre era mucho más baja que en épocas posteriores, de modo que una elevación no muy importante del nivel del mar era bastante para anegar grandes territorios, y al contrario, un descenso relativamente pequeño los dejaba en seco, lo que significaba evidentemente cambios drásticos en el ambiente ecológico; y consta que por lo menos 30 alteraciones de este género de cierta importancia y centenares de ellas de menor cuantía, ocurrieron durante los últimos 600 millones de años.

Y aquí conviene notar que la mayoría de los datos paleontológicos en que se basan las afirmaciones comúnmente admitidas acerca de las extinciones masivas, proceden de islas oceánicas o de estuarios antiguos, donde forzosamente se hacían sentir más las perturbaciones citadas. A esto hay que añadir una observación de índole íntima: después de milenios de mutua acomodación, así de los organismos con el medio ambiente como de unos con otros, se acentuaría esa dependencia que se nota en los mismos tiempos actuales; es lo que se ha llamado especies claves, cuya extinción redundaría en daño de las demás, hasta tal punto que basta la desaparición de una especie básica para arrastrar consigo a otras muchas: tal es el caso, así presente como pasado, de la muerte de plantas que servían de alimento a organismos inferiores, terrestres o marítimos, y éstos, a su vez, respecto de los superiores. Como se ve, la teoría es razonable y promete suministrar la solución buscada, aunque falte todavía no poco en el terreno de la investigación y comprobación completas (9).

#### PROBLEMAS CRONOLÓGICOS

En una reseña anterior recogimos la noticia del descubrimiento del Zinjanthropos, uno de los australopitecinos, hallado por el inglés Leakey en Olduvai, Africa Oriental, y de la controversia suscitada acerca de las dataciones de terrenos superiores e inferiores al lugar donde se hallaban los restos; en la Universidad de California se obtuvieron 1,75 millones de años como antigüedad mínima por el método K-A, en contradicción con la fecha antes admitida para el comienzo del Pleistoceno, de sólo un millón.

Con este motivo se celebró en diciembre de 1962 un simposium de la Asociación Americana para el Progreso de las Ciencias en Filadelfia: en él, ante los argumentos aducidos por los autores de aquella datación, todos quedaron conformes con la cifra citada, así como también en que otros fósiles de mamíferos hallados en el mismo lugar y estrato pertenecían al período Villafranquense Superior, de los que antes habían aparecido restos semejantes junto a los de homínidos surafricanos australopitecinos. Ahora bien: una vez que el Villafranquense Inferior se considera como el prin-

cipio del Pleistoceno, es evidente que esa fecha tiene que retroceder y situar el comienzo de la era geológica, caracterizada por las glaciaciones y la aparición del hombre, hacia los tres millones de años o acaso antes (16).

Un método de datación relativamente sencillo y de resultados satisfactorios ha sido propuesto por el laboratorio de la General Electric a principios de 1963; se funda en las huellas que la desintegración operada en minerales de uranio, principalmente en las micas, dejan en ellas, de modo que sometidos a la acción de un ácido y examinados al microscopio, permiten deducir la cifra buscada gracias a esas «huellas fósiles» que el ácido pone fácilmente de manifiesto; se usa el flourhídrico con buen resultado, y después de así tratado el ejemplar, se somete a la acción de un reactor nuclear, donde artificialmente se provoca la desintegración de otros átomos remanentes de uranio, y éstos, a su vez, dejan también huellas parecidas; la relación entre las nuevas y las antiguas da la fecha deseada (15).

Los corales fósiles han proporcionado datos interesantes, con la ventaja de ser independientes de otros procedimientos hoy empleados para establecer la geocronología, especialmente en cuanto a la duración de las edades de la geología histórica; para ello el Dr. Wells, profesor de la Cornell University, Ithaca (Nueva York), al proponer su método cronométrico, formula ciertas hipótesis relativas a la duración variable de los días terrestres y a modificaciones cíclicas en el metabolismo de los organismos coráligenos. Partiendo de las cifras admitidas para la duración de las eras siguientes al comienzo del Cámbrico, con un total de 600 millones de años, examina el «comportamiento astronómico» de nuestro planeta a través de ellas.

Primera hipótesis: la revolución de la Tierra alrededor del Sol ha permanecido constante, o sea que el año solar no ha variado en duración desde entonces. Segunda: la rotación del globo terrestre se ha ido retrasando considerablemente, debido a que una parte de la energía se ha disipado por causa de las mareas, así oceánicas como corticales (estas últimas por la viscosidad del manto); según evaluaciones recientes, este retraso sería de unos dos segundos por cada cien mil años; según esto, la duración del día al principio del Cámbrico hubo de ser de 21 horas, y, por tanto, el año solar ha disminuído poco a poco hasta el estado actual de nuestro calendario, desde 424 días del año cámbrico, hasta los 365 de hoy.

Estas hipótesis pasarán a ser tesis probadas si se hallan huellas fehacientes de tales años y días; y precisamente los corales parecen ofrecer la prueba mediante la contabilidad que llevan, así de los años como sobre todo de su comienzo y fin. Whitfield en 1898, estudiando los arrecifes de coral de las islas Bahamas, advirtió ondulaciones regulares en la superficie de las ramas calcáreas de la *Acropora palmata*, e hizo notar su semejanza con los anillos en el tronco de los árboles, con la única diferencia de que

aquí el fenómeno se presentaba en sentido longitudinal y en aquellos era transversal; la medida, a pesar de tratarse de una misma especie, difería de unos ejemplares a otros, entre los 40 y los 100 mm/año. No se han hecho desde entonces experimentos sobre corales vivos, que hubieran arrojado mucha luz sobre el problema; pero el mismo Wells hizo esta investigación sobre una especie contemporánea de la India Occidental, la *Manicina arcolata*, y obtuvo el resultado apetecido: en los intervalos comprendidos entre aureolas bien definidas, contó laboriosamente las estrías y halló cantidades que sensiblemente correspondían a los 365 días de nuestro año, con un margen de error tolerable, atendida la dificultad de la operación.

Hacer esto mismo con corales fósiles era mucho más laborioso y aleatorio, pues la mayor parte de ellos habían sufrido los efectos de erosiones y otras injurias del tiempo; al fin pudo hallar ejemplares bien conservados del Devónico Medio, pertenecientes a los géneros *Heliophillum*, *Favosites* y *Eridophillum*. También variaba en cada muestra el número de estrías contadas, como era de temer, pues las líneas de crecimiento, así diarias como anuales, nunca son de una regularidad absoluta; pero la cifra media así obtenida, entre extremos de 385 y 410, se acercaba mucho a los 400 postulados por las teorías arriba indicadas. Otros dos ejemplares, del Pennsylvaniense, dieron años de 385 a 390 días. Ulteriores búsquedas y análisis podrán comprobarlas con más exactitud; hasta ahora la principal dificultad de orden teórico es que aquellos dos segundos podrían ser un resultado estadístico, un mero valor medio, que no excluiría variaciones desconocidas en la rotación terrestre retardada (3).

Posteriormente a la publicación de los trabajos de Wells, se ha hecho constar que ya en 1952 Chevallier había llegado a conclusiones coincidentes con ellos, según escribió en la «Revue Générale de Sciences Pures et Appliquées». Respecto de las mareas, se ha dicho también que es probable y se admite una mayor proximidad entre la Tierra y la Luna para épocas remotas, y que la densidad y viscosidad, así atmosféricas como oceánicas y hasta corticales, fueron asimismo mayores a causa de la temperatura reinante, más elevada que ahora, capaz de mantener en fusión ciertas rocas superficiales y de cargar la atmósfera con gran cantidad de vapor de agua; por ambas razones, el freno hubo de ser entonces más eficaz.

Según Chevallier y Cailleux, la duración del día habría pasado de 4,3 a 13,3 horas entre los 3,5 y los 2,5 miles de millones de años; se necesitaría un período dos veces más dilatado (entre 2,5 y 0,5) para llegar a aquellos días de 21 horas (4).



## YACIMIENTOS FOSILÍFEROS

Paradójicamente, un insignificante arroyuelo del sur de Tennessee, es hoy a un tiempo algo desconocido hasta para los que viven a un par de kilómetros de su breve curso, y algo de fama casi mundial, al menos entre los paleontólogos; porque el Coon Creek, al descubrir con su erosión ultrasecular las capas inferiores del terreno, ha suministrado hasta ahora no menos de 400 especies de organismos fósiles en excelente estado de conservación, cuyos tamaños varían entre microscópicos monocelulares y gigantes reptiles de más de doce metros de longitud; de suerte que en la actualidad hay valiosos ejemplares procedentes de este yacimiento en numerosos museos del mundo, y los libros de paleontología están frecuentemente ilustrados con sus imágenes.

Resulta más fácil encontrar aquí buenos ejemplares que hallar el arroyo por referencias de sus vecinos y abrirse paso entre rudimentarias vías de comunicación, a partir de la población de Adamsville, la más próxima y de alguna importancia, situada a unos 170 km. de una granja abandonada, junto a la cual se encuentra «the old Dave Weeks place», el antiguo lugar que ha tomado nombre del que fue dueño de dicha granja y una noche recibió en ella como huésped a Bruce Wade, estudiante de geología en la Universidad de John Hopkins; en su moto iba examinando los terrenos de la comarca y accidentalmente descubrió al siguiente día las riquezas geológicas del Coon Creek; en cooperación con la Geological Survey hizo luego una descripción completa del depósito hallado, que se publicó oportunamente por el Gobierno Federal.

La arcilla arenisca azul-gris del terreno aparece materialmente cuajada de fósiles, de los que centenares de miles han ido cayendo de las paredes del cauce y se han acumulado en el lecho del arroyo, sin contar otros muchos incluídos en rocas sueltas; se trata de un sedimento marino del Cretácico, durante el cual (65 millones de años) fue muy activo el proceso de evolución animal; por hallarse no muy alejado de la costa, al retirarse las aguas, los cadáveres de estos organismos quedaron sepultados por arenas procedentes de aportaciones fluviales. Predominan entre ellos los invertebrados: moluscos, crustáceos, equinodermos, etc., además de no pocos reptiles y peces.

La tierra es allí de composición y estructura inusitadas: recién extraída es una arcilla húmeda, que rápidamente se seca y endurece hasta convertirse en piedra arenisca no muy dura; de modo que los restos deben ser limpiados a ser posible el mismo día, porque si nó, las partes delicadas no pueden ser ya recobradas enteras e intactas. Solamente con tomar estas

precauciones elementales se consiguen ejemplares en que las iridescencias azules, rojas, verdes y amarillas, conservan toda su belleza original; en los moluscos aparecen con frecuencia hasta las inserciones musculares. Es larga la lista de los excepcionales hallazgos de este género; he aquí un breve resumen del inventario: 120 especies de bivalvos, generalmente completos; 175 diferentes tipos de gastrópodos, de los que raras veces se encuentran en otros yacimientos, la mayoría de ellos desconocidos hasta ahora; 30 especies perfectamente conservadas de animales musgosos, de los más difíciles de obtener en buenas condiciones; siete *clases* de peces, que han contribuído notablemente al conocimiento del ambiente marino en aquella edad geológica, y una clase entera de reptiles, incluído el monosaurio gigante y grandes tortugas de mar; diez especies de cangrejos y otros crustáceos tan enteros, que conservan las pequeñas protuberancias en forma de dientes, todavía afilados; animales tan difíciles de hallar en estado fósil como las medusas y estrellas de mar, abundan aquí mucho y han enriquecido las colecciones (2).

En la era terciaria los antecesores de las actuales ballenas en vez de limitarse para su sustento al plancton marino, fueron animales feroces que, bien armados, daban caza a diferentes clases de presas mayores; uno de los más conocidos es el zeuglodonte, de unos veinte metros de largo y 80 toneladas de peso, que abundaba mucho en el golfo de Méjico, extendido entonces por gran parte de los actuales Estados del Sur de los Estados Unidos y de los que se han hallado numerosos ejemplares en los algodonales de Alabama, hasta el punto de que las localidades de Choctaw y Washington han sido denominados lechos de zeuglodontes; en el pueblecito de Milry, de esta última, el arado de un campesino tropezó hace un par de años con una vértebra de aquel animal, que ha podido ser recobrado de forma satisfactoria por un equipo de estudiantes, ya que apenas se encontraba a un metro de profundidad; aun así, la extracción fue laboriosa, y después de dejar los huesos al sol para que se endureciesen, fueron trasladados con las debidas precauciones.

En tiempos anteriores era tal la abundancia de semejantes restos, que esos huesos se recogían en grandes cantidades y se empleaban en las caleras, puesto que los gastos de una recolección científicamente dirigida hacían desistir en aquella época a los organismos públicos capaces de ello. De aquí el interés por este ejemplar hallado en tiempos mejores; de la magnitud de tal empresa da idea la siguiente descripción: el esqueleto consta de 118 vértebras, de las que 91 son genuinas y las restantes reconstruídas artificialmente; al cuello corresponden seis. El cráneo mide dos metros de largo; cada una de las mandíbulas está armada con cinco molares a uno y otro lado, precedidos de dos premolares y un incisivo en cada mitad. En el mar, según se ha deducido, podría emerger casi un tercio (12).

No son éstos los únicos depósitos de restos fósiles en Norteamérica conocidos por su abundancia; los pozos de alquitrán de La Brea, en Los Angeles, han conservado, después de capturar y sepultar a cuantos animales se aventuraban en aquel suelo movedizo, no menos de 4.000 especies de estos animales y otras tantas aves, pertenecientes a 115 tipos diversos, caso poco frecuente, por ser los huesos de éstas muy delicados y difíciles de reconstruir. Constituyen la colección más completa y bien conservada entre las procedentes de un mismo yacimiento; en el museo así formado figuran un elefante de cuatro metros de altura, un gran buitre semejante al cóndor con otros tantos metros de envergadura, y un tigre con caninos enormes en forma de sable.

No todo han sido facilidades en esta clase de trabajos paleontológicos; recientemente se logró recuperar una tonelada de material fósil procedente de una montaña innominada del Canadá, a 2.140 metros de altitud; se trataba de uno de los más importantes depósitos descubiertos en el hemisferio occidental: restos de peces que vivieron en los mares interiores que cubrían hace 200 millones de años aquellas regiones, así como otras del mismo Canadá, los actuales Estados Unidos, Alaska y Siberia; fenómenos orogénicos posteriores elevaron los estratos sedimentarios a los montes donde hoy se encuentran. La erosión glacial puso al descubierto estas rocas triásicas y fueron reconocidos los fósiles en los fragmentos arrastrados a la base de las laderas; la consabida dificultad de acceso impidió hasta ahora la búsqueda, pues la existencia del depósito era conocida desde 1947.

#### FÓSILES VIVOS

Con un interés fácilmente explicable, habían buscado y hallado los geólogos de los Estados Unidos restos fósiles de las famosas secuoyas de California, y según ellos, los de la *Metasequoia glytostroboides* correspondían a un antecesor de esos árboles gigantes, extinguido ya desde mucho antes de las glaciaciones cuaternarias, y que se daban abundantemente en climas norteros suficientemente templados entonces, cuales eran los de Siberia e Islandia, hace unos cien millones de años: la fecha de extinción se fijó en 20 millones.

Pero he aquí que en 1944 un estudiante chino, que había cursado botánica en las Filipinas, bajo la dirección de un profesor de Harvard, y que entonces tenía un empleo en el Departamento forestal del gobierno chino-nacionalista, encontró un ejemplar de árbol gigante, para él desconocido, en una comarca remota de la China Central; sus conocimientos en la materia le llevaron a relacionarlo con los fósiles citados, y así se lo comunicó a profesores de Nankín y Pekín, a quienes mostró algunas ramas, hojas

y conos con semillas que había traído consigo; un examen más atento permitió afirmar que no solamente eran parecidos, sino idénticos a aquellos fósiles. Se dio parte del descubrimiento a Harvard, desde donde inmediatamente pusieron un cable pidiendo semillas en abundancia.

Una doble dificultad pareció por entonces oponerse a este deseo, según comunicó Wang, el descubridor; el avance de las tropas comunistas impedía entonces el acceso normal terrestre y únicamente sería posible viajando en avión, lo que costaría millón y medio de dólares. Esto descorazonó en un principio a los profesores de Harvard, hasta que se cayó en la cuenta de que Wang había confundido los dólares con sapekas u otra moneda china de pequeñísimo valor, con lo que aquella cantidad, despojada de cuatro ceros mal colocados, quedó en 150 razonables dólares; en efecto, así se logró obtener rápidamente las semillas pedidas. Pasada la guerra, un botánico y paleontólogo de la Universidad de California, Chaney, consiguió llegar al paraje indicado, el valle del Tigre, y pudo ver numerosos ejemplares de más de 30 metros de altura y una antigüedad de 300 años; el valle, rodeado de altos picachos, se encuentra a 1.200 m. de altitud, a medio camino entre el mar de la China y el desierto de Gobi.

En diferentes regiones y climas se ensayaron las semillas, con notable éxito, así en América como en Europa; sembradas en 1948, han alcanzado actualmente unos seis metros de altura. Han sido sometidas las plantas a toda clase de pruebas, y de todas salieron triunfantes: aunque prefieren los climas suaves y húmedos, han resistido muy bien el frío y el calor, el exceso y defecto de humedad, las enfermedades y los insectos. Un esqueje de 35 cm., plantado frente al Museo de Historia Natural de Dayton, Ohio, en 1961, mide ahora 1,4 m. En el orden práctico, sin excluir el puramente científico, se ha despertado un especial interés, porque esta planta tan vivaz produce una madera blanda y ligera, lo que unido a su rápido crecimiento, promete ser de una gran utilidad en el terreno industrial (1).

En un sentido muy amplio se ha aplicado la denominación de fósiles vivos, no precisamente al esqueleto u otros restos de especies extinguidas, sino a los de culturas pasadas y pertenecientes a la prehistoria, que normalmente han de ser reconstruidas por deducción lógica, pero que excepcionalmente es dado analizar «en vivo» cuando se descubren representantes vivientes de la edad de piedra, que hasta nuestros días han quedado aislados de la civilización moderna; así ha ocurrido alguna vez respecto de isleños del sur del Pacífico y en algunas otras regiones, ya reseñadas en estas mismas páginas. El caso que ahora vamos a citar no es realmente nuevo, pues la historia comienza a principios de la presente centuria y termina hace unos cincuenta años: su actualidad se debe a un libro que acaba de publicarse sobre ello, con un interesante estudio antropológico.

En un pueblo de California apareció en 1911 una especie de salvaje casi

desnudo y en lastimoso estado de depauperación; incapaz de darse a entender con palabras y excitando la natural sospecha, fue llevado a la cárcel hasta ver qué se podía hacer con él; allí estuvo algunos días y dio claras señales de satisfacción al ser atendido caritativamente y recobrar las fuerzas. Un profesor de la Universidad de California, provisto de vocabularios de las diversas tribus indias, logró entenderse con él en la lengua de la tribu Yahi, a que pertenecía, y desde entonces su aclimatación a la nueva vida fue rápida.

Huyendo de los primitivos colonos norteamericanos, su familia había andado errante por las selvas y montes, hasta que sucumbieron todos sus parientes y amigos y quedó él sólo durante cinco años; por fin se decidió a acercarse a los hombres blancos, a pesar de los malos recuerdos que de ellos tenía. No mostró, al menos exteriormente, sorpresas por las manifestaciones que se le mostraron de la civilización del siglo xx; en cambio, dio motivo de admiración con su destreza en la fabricación de puntas de flecha de sílex y otras manufacturas neolíticas que él había aprendido de sus antecesores; lo que ya no le fue posible era inmunizarse contra los gérmenes malignos de que había vivido siempre alejado, y murió de tuberculosis pocos años después (8).

Una imitación, lo más fiel posible, de lo que serían los fósiles vivos en su ambiente natural, se está preparando con motivo de las próxima Feria Universal de Nueva York: en ella se podrán ver monstruos de pasadas edades, no solamente reconstruidos, sino también dotados de movimiento; se están fabricando en estos días dinosaurios, tiranosaurios y demás: por supuesto, con fines de propaganda comercial...

#### ARTE Y CULTO DEL HOMBRE DE LAS CAVERNAS

El estudio de las pinturas rupestres y demás formas de expresión artística en el hombre primitivo, ayuda a conocer algunos aspectos interesantes de su vida; en primer lugar se deduce fácilmente, al menos con cierta aproximación, el dato cronológico, puesto que las especies representadas corresponden a las que vivían entonces en aquel sitio, y ello es particularmente útil para suplir la ausencia de medios de datación radiactiva. Asimismo ponen de manifiesto las dotes del pintor o escultor, como índice del nivel cultural; hasta revelan la diferencia evidente entre las obras de verdadero mérito y las imperfectamente realizadas, a veces claramente contemporáneas, fruto, las primeras de un profesional y las segundas de un aficionado.

Se han enumerado no pocas excelencias y algunos defectos en cuanto al realismo representativo y sobre todo a la exactitud anatómica de los animales, que figuran predominantemente, como es sabido, entre tales obras de arte: las actitudes están frecuentemente bien captadas y no pocas veces los

mismos defectos de proporción entre las partes parecen haber sido intencionados, como si el artista hubiera querido expresar, no lo que ese animal era realmente, sino como él desearía que lo fuese: tal es el caso de hembras preñadas, de vientre inverosímilmente abultado. Hay ejemplos de semejantes caracteres en las cuevas de Altamira, Lescaux y Rouffignac, para no citar sino la época magdalenense en Europa occidental, del Paleolítico reciente, en cuyas postrimerías se nota todavía mayor progreso por parte de los pintores, en cuanto a una perspectiva cada vez más correcta; en cambio, escasean en el Paleolítico superior o al menos se han hallado muy pocas (11).

Un problema diferente es el de la interpretación psicológica de esas pinturas; lo más corriente entre los arqueólogos ha sido considerarlos como una expresión del deseo de capturar los animales representados, aunque no meramente afectivo, sino creyendo influir de este modo en el éxito de sus campañas cinegéticas; restos de esta creencia se han conservado casi hasta nuestros tiempos en las supersticiones y maleficios, donde se pretende tomar venganza de un enemigo atravesando su imagen de cera con algún instrumento apropiado; y así parece confirmarlo la figura de la fiera o presa de caza que se ve herida por una flecha en algunas pinturas rupestres: no han faltado quienes han atribuido intenciones mucho más nobles a aquellos autores, como si su único fin fuera el cultivo del sentido artístico: el arte por el arte.

Entre estos dos extremos, de intención utilitaria o desinteresada, está el sentido religioso primitivo, también subsistente en la actualidad en forma de ceremonias, danzas rituales, etc..., con que se invoca a los dioses o se pretende ahuyentar a los espíritus malignos, aunque siempre en orden al éxito de las cacerías, de las que depende el bienestar de la tribu. Todo esto es perfectamente verosímil, pero si se quiere ahondar en el significado verdadero, hay que evitar las soluciones demasiado globales, así como las demasiado parciales: tan erróneo es el exceso de generalización, que no distingue la naturaleza de cada imagen ni el lugar donde se encuentra, como la consideración de un caso particular sin buscar su complemento en otros análogos que podrían ilustrarlos.

Así, por ejemplo, no basta hallar hoy costumbres salvajes o significados mágicos parecidos a los antiguos, para explicar el significado de ciertos símbolos comunes a ambos: en la actualidad sucede, en efecto, que hay símbolos de una tribu ininteligibles para los de otra, o si son parecidos, expresan cosas completamente diferentes. Se impone, pues, primero una recolección abundante de datos prehistóricos, y después de una acertada clasificación según las circunstancias y los tiempos, sus diversos estilos, técnicas, etc...

El hallarse algunas pinturas sistemáticamente en lo más recóndito de las cuevas, sugiere su relación con ceremonias secretas, sólo para los iniciados; las que están en lugares más espaciosos y asequibles suelen ser diferentes en contenido y estilo, y más parecen estar adornando las paredes de un sitio

muy concurrido que servir para un culto secreto; nunca aparecen en estas últimas animales heridos, aunque si se observa una como selección entre las especies elegidas y frecuentemente asociadas en la representación: bisontes y jabalies en Altamira, bisontes y caballos en Lescaux, mamuts y bueyes en Pech-Merle, sin que sea posible hallar una explicación satisfactoria a esta disposición sistemática (10).

Retrocediendo varios milenios, en las cavernas del hombre de Neandertal se han hallado sepulturas, probablemente de especiales condiciones (¿jefes de tribu?, ¿víctimas rituales?) y también enterraban cuidadosamente algunos animales o mejor dicho sus restos, entre los que ocupaban un lugar preferente los del oso de las cavernas, de gran talla, hoy extinguido, y los del oso gris, semejante al contemporáneo *ursus arctos*: de ambos se han encontrado sistemáticamente algunas partes, frecuentemente las mismas, y sobre todo la cabeza, que solía estar con el hocico dirigido a la entrada de las cuevas, lo que ha hecho sospechar que esas porciones más apreciadas fueran propiciatorias para el éxito de la caza.

La mayor parte de los signos de este que se ha llamado culto al oso estaban en una comarca europea que comprende Suiza, Austria y Alemania meridional; recientemente en Montignac, de la Dordoña, se ha hecho otro descubrimiento semejante, de características notables. En todos sus niveles había restos de la industria musteriense durante un largo período de tiempo, pues en los superiores aparecía la fauna glacial (reno, grandes carnívoros...) y en los inferiores la de clima moderado (ciervo, jabalí, oso, castor...); en los más antiguos había restos escogidos y cuidadosamente colocados del oso gris, principalmente cráneos y húmeros. En particular, una fosa de unos dos metros de largo y uno y medio de ancho, perfectamente delimitada con piedras, contenía los miembros descuartizados de un oso, cuyos huesos estaban situados en un orden evidentemente artificial, y la tumba estaba cubierta con una losa de 800 kilogramos de peso; un túmulo adyacente, construido con piedras y ceniza, contenía huesos humanos, mezclados con otros de osos y ciervos; todo ello señala de una práctica ritual del hombre del Paleolítico medio (13).

Es indudable, que salvadas las indicaciones apuntadas sobre diferentes significados de unos ritos en pueblos primitivos de cualquier época, el examen de los que han sobrevivido en nuestros días puede dar mucha luz sobre el problema de su interpretación; de aquí la importancia que los etnógrafos conceden a esta clase de investigaciones. Y uno de los pueblos donde se han conservado tales costumbres desde tiempo inmemorial, es el de los papúes de Nueva Guinea, cuyos tesoros del arte y usos primitivos han sido expuestos en 1962 en el museo de Arte Primitivo de Nueva York; hasta tal punto es esto aplicable de un modo especial a la región de Asmat en aquella gran isla, que todavía se ignora el emplazamiento de los poblados y su extensión su-

perficial. A partir del descubrimiento en 1527 por el español Jorge de Meneses, sus habitantes han resistido tenazmente al influjo de las culturas española, portuguesa, holandesa, inglesa y alemana, de suerte que aunque hoy estén en buenas relaciones con la civilización moderna, no ha habido alteración alguna en su modo sustancial de vivir, y en particular en el punto que ahora nos interesa.

El rasgo característico de sus manifestaciones artísticas es la dualidad contenida en sus concepciones, al tender un puente entre lo mágico y lo estético; este segundo aspecto es fácilmente inteligible para el hombre culto de nuestro siglo, aunque el ambiente moderno que respira le desvíe escépticamente de la experiencia estética, sin la cual piensa poder vivir sin dificultad, no siendo ello obstáculo a apreciarla cuando se pone en contacto con ella. No así el hombre primitivo, que por otra parte sentía más esa necesidad por la conexión mencionada entre ella y el sentimiento religioso: en la sociedad primitiva, lo mismo ayer que hoy, ambas cosas son inseparables y el arte lleva profundamente grabado el sello de lo mágico y cultural.

Como ha escrito Renselaar sobre los papúes de Asmat, semejante conexión llega a hacerse aparentemente idéntica, hasta el extremo de que un individuo de dicha raza decía, señalando a una máscara ritual: «este es mi hermano mayor», no ya por impropiedad de lenguaje, sino de forma que su comportamiento con la imagen es el mismo que sería con la persona real. La psicología de los artistas autores de estas obras de arte de indiscutible mérito, es algo que conviene tener en cuenta: cuando se trata de la veneración plástica de personas allegadas o de elevado rango social, es inevitable una gran diferencia en la fidelidad con que se reproducen sus rasgos; si su muerte fue reciente, hay mucho realismo y sin duda también ha de haber parecido, pero si se trata de recuerdo lejano, entonces la representación se estiliza hasta convertirse en una de esas obras del arte llamado hoy abstracto.

Los relieves que adornan sus escudos y las esculturas, de notable expresión afectiva, tienen frecuentemente simbolismo y riqueza de recursos, con alusiones a caracteres muy humanos, cuales son ciertas figuras de diversas partes de la anatomía, o sentido ritual, como las «manos de los espíritus», mediante dibujos de flores de loto. El mismo material de que están hechas la escultura, la madera del mango, se suele recolectar con simulacros de batallas, porque creen que en esa madera están las almas de los guerreros muertos en la guerra: una vez traída con especiales ritos esa madera, los familiares de los muertos, que puedan costear la labor de un artista, le encargan la confección de una imagen que será colocada honoríficamente junto a las cabañas; más tarde es llevada a una plantación de sagú, donde se deja pudrirse, pues su espíritu pasa al sagú y luego al que lo come (6).

### EL HOMBRE DE LOS ANDES

Desde que en 1926 se encontró en Folsom, Nuevo Méjico, un arma de piedra inconfundiblemente asociada con los huesos de una especie hoy extinguida de bisonte, y se pudo comprobar en el otro extremo del continente la presencia de pobladores semejantes en el estrecho de Magallanes, ha sido ardua y poco fructuosa la búsqueda de restos humanos suficientes en cantidad y calidad para reconstruir esa larga trayectoria de emigración; lo que más se echa de menos son elementos orgánicos susceptibles de datación exacta, que lógicamente deberían proporcionar fechas escalonadas para reconstruir la historia completa. En los últimos años se descubrieron algunos vestigios de la industria de esos viajeros en diversos sitios de los Estados Unidos, Méjico y Centroamérica; pero al llegar al istmo de Panamá se perdía este rastro, y aunque aparecieron ejemplares en América del Sur, no era clara la conexión mutua.

Lo que hacía falta era un yacimiento abundante de esta clase de materiales, que permitiese valorar y clasificar geográficamente las sucesivas estancias del hombre primitivo americano: y esto se acaba de lograr al encontrarse el yacimiento de El Inga, a unos 20 km. de la capital del Ecuador, cerca del cauce del río Inga y a una altitud de 2.780 m. El geólogo norteamericano Graffham, durante una de sus excursiones de recreo con su familia, que solía aprovechar para buscar algo de interés profesional, halló diseminadas por el suelo piezas de obsidiana, que al instante reconoció como instrumentos debidos a la mano del hombre: puntas de flecha y otros artefactos cuidadosamente trabajados con técnicas muy diferentes, algunas parecidas a las empleadas en la región de los llanos del Norte, en particular puntas de lanza con las estrías características de Folsom, paralelas al eje longitudinal.

Los ejemplares más notables, bajo el punto de vista arqueológico, eran otras puntas en figura de cola de pez, como las halladas treinta años antes en el extremo Sur de Sudamérica, donde fue posible la datación por encontrarse en el mismo lugar huesos de plantígrados y équidos; es decir, que allí estaba la clave y conexión buscadas, y ya sería posible estudiar la evolución industrial desde los diez mil años asignados al depósito del Estrecho de Magallanes. En efecto, se organizó el trabajo de excavación sistemática en una serie de montecillos, uno de los cuales, por haber estado sometido a la denudación pluvial, había puesto a la vista los primeros ejemplares recogidos; no menos de 300 kilogramos de trozos de obsidiana fueron el resultado de esta campaña, que debidamente clasificados, fueron objeto de análisis y comparaciones con los procedentes de diferentes lugares de todo el continente.

Sobre el mapa general se pudo entonces señalar para cada yacimiento (24 en total) la coincidencia y variación de los restos de cada uno, respecto de los de El Inga: de las cinco clases de instrumentos predominaban tres de ellos en América del Norte y el cuarto en la del Sur; algo parecido a la gradación correspondiente a un progreso industrial se ha podido ya comprobar, aunque imperfectamente: sería necesario completar todavía más la colección, en el mismo lugar o en otros que se tenga la suerte de hallar. El Inga no parece haber sido una población estable; más bien se asemeja a un sitio escogido para taller o cosa semejante, sin señales, hasta ahora, de hogares (que hubieran suministrado material para las dataciones radioactivas), pero, en cambio, está muy cerca de los depósitos de obsidiana, materia prima necesaria, del volcán extinguido de Antisana.

De las 15.000 piezas recogidas, 6.500 sirvieron para la clasificación; entre ellas figuran bloques semiesféricos, de los que se solían separar hábilmente las hojas, raspadores, buriles, etc... En El Inga hay diferentes niveles, que también ayudarán a resolver el problema cronológico, sobre todo si llegan a aparecer objetos más directamente relacionados con él. Lo que sí se deduce del emplazamiento de este y otros depósitos americanos, es que se trataba de gente acostumbrada a un clima de altura o por lo menos así evitaban los inconvenientes para ellos del calor tropical; el nombre genérico que se les ha dado de «hombre primitivo de los Andes» tiene el fundamento de que a lo largo de la gran cordillera se alinean los emplazamientos sudamericanos, y por eso se tienen esperanzas de que la suerte depare en esas alturas nuevos e interesantes descubrimientos (7).

### LA FRONTERA PREHISTÓRICA

Lo que aún no se ha conseguido respecto del conjunto continental americano, es prácticamente un hecho en cuanto al enlace entre los tiempos neolíticos y los históricos en el valle mejicano de Tehuacán, a 240 kilómetros al Sur de la capital, situado a 1.500 metros sobre el nivel del mar; aunque el valle es muy extenso, solamente se ha explorado una parte, de 113 kilómetros de largo por 32 de ancho, y rodeado de altas montañas. Durante tres años se han encontrado 392 emplazamientos de diversos tipos de habitación humana y 750.000 ejemplares de estudio prehistórico, que se extienden cronológicamente desde hace unos diez mil años hasta la época del descubrimiento de América, con distinción notable entre los sucesivos horizontes. Una labor de investigación compleja se está llevando a cabo por unos 30 autores, que al presente prosiguen el estudio y de la que extractamos un resumen publicado en febrero de 1964 (*Science*, v. 143, n. 3606, páginas 531-545).

La climatología de esa comarca, a juzgar por los restos analizados, era muy semejante a la actual: está a sotavento de elevadas cordilleras, lo que da lugar a un régimen bastante desfavorable de lluvias, concentradas en el breve espacio de dos meses, y con sequía endémica el resto del año, que lo convierte en un desierto. Los restos de habitaciones hallados hasta ahora son de todas clases, desde campamentos volantes hasta cuevas o casas para morada estable, con un total de 140 horizontes o suelos estratificados; la citada sequía ha contribuido no poco al excelente estado de conservación de las muestras coleccionadas, de las que se ha podido deducir mucho sobre métodos de vida, alimentos y hasta meses del año en que estaban habitadas las viviendas; se ha dividido este largo periodo de 11,5 milenios en fases escalonadas cronológicamente, dando a cada una el nombre del yacimiento más típico, según la toponimia del país, y la norma de tal división está dada por las dataciones mediante el C 14.

#### *Fase primera: Ajueredo.*

En sus cuevas ha habido siete sucesivas ocupaciones, y en instalaciones superficiales otras cuatro del mismo complejo; termina en el año 7200 a. C., y parece haber comenzado tres o cuatro milenios antes. Sus moradores estaban agrupados en familias o microbandas nómadas, que cambiaban de lugar tres o cuatro veces al año, según las estaciones y cambios de régimen climático; medios de vida, la recolección de plantas salvajes y la caza con armas o trampas: las presas al principio eran caballos y antílopes de especies hoy extinguidas, pero aun entonces abunda más la caza menor: liebres, ratas, tortugas y algunos mamíferos pequeños diversos, contra la persuasión de algunos autores de llamar a esta época la de la caza del mamut. Los análisis de polen fósil confirman lo dicho antes sobre la semejanza climatológica con la actual: a lo más sería un poco más fría y húmeda. Los instrumentos, de sílex, sin señales de otras industrias, como sería la textil, pues faltan restos de ello suficientemente bien conservados.

#### *Fase segunda: El Riego.*

Es la mejor conocida, por la abundancia de campamentos (14, con 24 horizontes); diez dataciones de C 14 fijan las fechas inicial y final entre el 7200 y el 5000 a. C. Nómadas como sus predecesores y por la misma causa, muestran un considerable aumento de población y algunas modificaciones en el sistema de emplazamientos, que se dividen fácilmente en los más pequeños, verosimilmente para familias en la estación seca, y para grupos mayores o

macrobandas en primavera y la estación húmeda; su alimento semejante también al complejo anterior, aunque predomina el ciervo en la caza y aumentan las especies de plantas recolectadas; esta actividad continuaba durante el tiempo seco, pero, indudablemente, padecían entonces escasez y hambre, hasta que en primavera se reunían en grupos numerosos para recoger la cosecha vegetal; acaso por esta época caerían en la cuenta de que dejando caer en el suelo una semilla, germinaba y les facilitaba la subsistencia: hay indicios de que comenzaran a practicar la agricultura con especies todavía no cultivadas, sino tales como se daban naturalmente y antes de su evolución posterior (calabazas, chilis, avocados, y quizá maíz primitivo, y probable uso del algodón); se perfecciona mucho la industria de instrumentos, especialmente en cuanto a armas de caza y utensilios para moler granos, así como tejidos, tales como mantas y redes.

De particular interés es el avance cultural en dos sentidos opuestos: el primero evidenciado por las tumbas y algunos signos de ceremonias culturales, y el segundo por cadáveres intencionadamente muertos y quemados; como se pudo deducir de los esqueletos de tres niños y un adulto, entre otros, aunque, naturalmente, no hay certeza absoluta sobre ello: más bien se funda esta apreciación en la posible analogía con ritos posteriores en el mismo territorio, o con los anteriores descubiertos en el Norte de Méjico, Sur de los Estados Unidos y que se ha llamado la tradición de la cultura del desierto.

#### *Fase tercera: Coxcatlán.*

Doce dataciones bien definidas asignan a este periodo los límites comprendidos entre el 5200 y el 3400 a. C., con 16 horizontes, de los que 12 son de cuevas y los demás al aire libre; no son numerosos los lugares ocupados, pero sí mayores, como también lo fueron las macrobandas y el tiempo de su permanencia en el mismo sitio. Escasea la caza y predominan los vegetales de notable variedad y abundancia, entre ellos los que en cierto modo se pueden llamar especies domésticas o inicialmente domesticadas, con un probabilísimo cultivo artificial, lo que facilitó y pudo ser la razón de prolongadas estancias y agregación en poblados mayores, de suerte que únicamente al agotarse tales reservas se produjera la dispersión y obligado nomadismo. El progreso industrial, a juzgar por los restos de armas y utensilios, es lento, pero suficientemente marcado.

#### *Fase cuarta: Abejas.*

Ocho dataciones dieron las fechas del comienzo y fin: 3400 a 2300 a. C. La vida, así en las cuevas como en poblados relativamente grandes a orillas de ríos, se hace más sedentaria y progresa la agricultura, aunque todavía el

70 por 100 de los alimentos son animales y plantas salvajes; lo que sí se perfecciona es la fabricación de vasijas y accesorios, tales como morteros de piedra y demás objetos que en otras partes han constituido la «revolución neolítica», muy anterior a la agricultura propiamente dicha.

*Fase quinta: Purrón.*

Seis dataciones fijan las fechas de 2300 a 1500 a. C. de este período; es acaso la fase más dudosa en cuanto al establecimiento de las secuencias, con dos únicos horizontes definidos. Hay algo de cerámica de procedencia incierta, si se relaciona con otros yacimientos de Méjico, de modo que no consta la prioridad en esta industria.

*Fase sexta: Ajalpán.*

Mejor estudiada, gracias a datos precisos y copiosos, es esta época, comprendida, según las dataciones, entre 1500 y los 900 a. C. Ya se puede afirmar con seguridad que estos hombres eran agricultores en pleno sentido, con núcleos de población de 100 a 300 habitantes; no se sabe si llegaron a edificar templos, pero las imágenes humanas sugieren un ceremonial complejo, lo mismo que las tumbas. El progreso en la cerámica es ya evidente, de ordinario incolora, con algunas excepciones, y el tipo más característico es el tecomate, vasija para grano, de boca estrecha. Se han hecho notar las semejanzas con culturas contemporáneas de las tierras bajas, Veracruz, Chiapas, costas pacíficas de Guatemala y de Oaxaca, lo que no implica necesariamente una verdadera emigración, difusión o relaciones mutuas, sino tan sólo una manifestación local del horizonte de la misma época ampliamente difundido por toda Mesoamérica, al que Spinden denominó arcaico; en favor de esta hipótesis se siguen recogiendo muestras diversas que la corroboran.

*Fase séptima: Santa María.*

Veintitrés dataciones indican que este período duró desde poco antes del 900 hasta cerca del 200 a. C. Continúan las semejanzas de la cerámica con la de Veracruz, como también con la de Monte Albán y Valle de Méjico entre las tierras altas; las secuencias abundan y están bien determinadas: los habitantes construían casas con ramas entretrejidas y decoradas en diversas formas, y formaban pueblos de mediana extensión, situados alrededor de otro más importante con manifiesto dominio ceremonial. Se trata de agricultores plenamente tales, y en los cultivos aparecen algunos híbridos, así como signos de sistemas de riego. Si bien no faltan muestras de un notable avan-

ce en las artes decorativas, común a las demás culturas mencionadas, lo más interesante es que en este tiempo se va acentuando mucho una diversidad y a manera de división política entre tierras altas y bajas, fenómeno comprensible, atendido el régimen de vida y costumbres por las condiciones propias de uno y otro medio ambiente.

*Fase octava: Palo Blanco.*

Ocho dataciones, seleccionadas entre abundante material de 150 lugares de habitación, colocan esta fase entre los 200 a. C. y los 700 d. C. y su reconstrucción ha sido fácil y completa; se perfecciona el riego de los campos y los mismos cultivos se enriquecen con gran diversidad de plantas. Los centros de actividad religiosa están a veces situados en la cumbre de algún monte vecino a las habitaciones construídas al pie de sus laderas; hay asimismo pirámides de piedra labrada, plazas y otros sitios de reunión: acaso también jerarquía real o sacerdotal o mixta, a juzgar por la elevada categoría de estos monumentos y signos de un ceremonial más complejo, que por lo demás no se limita a un solo centro, sino a varios, quizá ya independientes: se ha incluído esta época en el período clásico, conforme a la clasificación arriba citada. La cerámica en colores está ampliamente difundida en el uso, así como el arte textil en sus divesas formas.

*Fase novena: Venta Salada.*

Para esta última fase las dataciones nos dan las cifras finales del 700 al 1540 de nuestra Era, es decir, hasta la llegada de los conquistadores, cuyas huellas culturales, estudiadas más a fondo, proporcionarán un valioso complemento a este estudio. A los progresos crecientes en los campos de actividad reseñados, se une ahora el factor comercial, pues consta el intercambio de este género con regiones vecinas; políticamente aparece clara la división en reinos y económicamente florecen industrias que significan un nivel bastante elevado de cultura anterior a la conquista.

Tales son los grados que jalonan la frontera entre los tiempos de la emigración primera del hombre hacia América y los históricos, con la ventaja de que verosímilmente se trata de la estancia de unos mismos pobladores durante esos doce milenios, y, por tanto, permiten seguir paso a paso la evolución cultural del hombre de los Andes, apelativo apropiado, ya que las cordilleras mejicanas, que igualmente son prolongación de las andinas y de las norteamericanas, forman con ellas un solo complejo fisiográfico. Al número creciente de campamentos, cuevas o edificios sólidamente construídos, corresponde, en apoyo de lo dicho sobre la constancia de la población, un aumento progresivo del número de moradores de este valle, como se de-



duce lógicamente de los datos arqueológicos hallados en cada fase; así en la segunda parece haberse cuadruplicado ese número, que en la tercera ya es diez veces mayor, cuarenta a la cuarta y quinta, ciento cincuenta en la sexta y séptima, mil en la octava y cinco mil en la última.

Los resultados y discusión de esta labor arqueológica y especialmente su comparación con otras parecidas de distintas partes del antiguo y nuevo mundo, serán materia de una obra en seis volúmenes, que en fecha próxima se publicará por los treinta autores aludidos al comienzo de este resumen.

#### NOTAS VARIAS

##### *El peso de los dinosaurios.*

La reconstrucción adecuada de un organismo fósil a base del esqueleto como único elemento de juicio, es un problema complejo; pero se intenta y hasta se consigue resolverlo por procedimientos diversos, ya que ello implica un conocimiento más perfecto de cuál fue su modo de vida y el ambiente en que se movía; así el tamaño, solidez, configuración del hueso correspondiente a cada miembro, en particular las inserciones musculares, y otros muchos pormenores son notablemente útiles para ese fin.

En particular, el peso resultante de tal reconstrucción constituye un dato de considerable interés, pero no fácil de obtener: he aquí el método empleado recientemente en el museo americano de Historia Natural de los Estados Unidos por E. H. Colbert: la primera parte del trabajo es la que acabamos de anotar y cuyo fruto es la forma y figura tal como la vemos en representaciones gráficas y en los dioramas de los museos: respecto de los dinosaurios, ejemplares clásicos en esta materia, se hicieron reproducciones fieles a escala muy reducida, bien determinada, con lo que se obtuvieron lo equivalente a esculturas manejables; a continuación vino el cálculo asimismo riguroso del volumen, ordinariamente deducido con aproximación muy mediana, a causa de la inevitable complicación de sus formas: se resolvió ingeniosamente la dificultad colocando la estatua en una caja que se iba llenando cuidadosamente con arena, de modo que no quedase intersticio por rellenar; colmado el contenido del recipiente, la diferencia entre el volumen de arena antes y después de esta operación dio exactamente el valor buscado: finalmente, la comparación y analogía con reptiles semejantes actuales permitió deducir con sólida probabilidad la densidad global del reptil primitivo: 0,9 en este caso.

Entre los terópodos carnívoros, el alosaurio pesaría según estos cálculos unas dos toneladas y el tiranosaurio, siete; entre los grandes herbívoros las cifras son progresivamente mayores: el estegosaurio debía de pesar 1,78;

el iguanodonte, 4,5; y el diplodoco, 10; entre los saurópodos, el brontosaurio oscilaría entre 27,87 y 32,42; y finalmente, el gigante braquiosaurio alcanzaría fácilmente las 78,26, del orden de una ballena de buena talla. Nótese que en comparación, el rinoceronte africano pesa de 1,5 a 2, el elefante unas tres y el hipopótamo, de 2,5 a 4.

Si se recuerda la abundancia de estos reptiles durante el tiempo de su dominación en la Tierra, aunque hubiese una abundancia correlativa de pasos para los herbívoros, subsiste la interrogante acerca de su movilidad; no han faltado autores que les asignen una vida casi acuática, donde a semejanza de los grandes cetáceos, la pérdida consiguiente de peso facilitase sus movimientos; en efecto, la sección de un hueso crece con el cuadrado de las dimensiones lineales, en tanto que el volumen y peso aumentan con el cubo de esa medida, lo que significa la imposibilidad de sostener el peso total a menos de tener sus patas un tamaño y solidez prohibitivos.

Se ha sugerido, pues, que sumergiéndose en aguas pantanosas y dada la longitud del cuello, les sería posible alcanzar las plantas de que se alimentaban; pero si la inmersión era más considerable, la presión ambiente les haría penoso o casi imposible respirar, y además por ser ovíparos no es admisible que vivieran siempre de esa forma; hoy se admite un término medio, puesto que el análisis del esqueleto demuestra para la sección del fémur del brontosaurio, por ejemplo, una resistencia de unos 30 kilogramos por cm<sup>2</sup>, y eso se juzga suficiente para permitirle una marcha, si se quiere, poco frecuente, por tierra firme (5).

##### *La historia del Nilo.*

Moluscos fósiles hallados por una expedición organizada por la Universidad de Columbia, Nueva York, y sometidos a datación radioactiva, juntamente con otros datos de este género, han revelado lo que fue este gran río hace unos quince a veinte mil años. Al contrario de lo que cabía esperar de quien vence en longitud a todas las corrientes de agua actuales, tenía entonces un caudal modesto y un curso relativamente reducido en importancia. La época de referencia corresponde a la última glaciación americana, y Africa por aquellos tiempos recibía abundantes lluvias, que se extendían hasta el mismo Sáhara.

Varios depósitos antiguos de sedimentos cenagosos acumulados en lo que es la cuenca del gran río, han sido analizados por los miembros de la expedición a 320 kilómetros al Sur del Cairo, en Wadi Halfa, Sudán, y en las terrazas así formadas han encontrado conchas de bivalvos y otros moluscos; su estudio ha revelado que aquellas copiosas lluvias vinieron hace once mil años, pero antes, durante las épocas glaciales, el Africa Central era excepcionalmente árida, y solamente a partir de la fecha indicada comenzó el Nilo

a formar los ricos terrenos de aluvión, fundamento de la ulterior civilización egipcia.

Las lluvias tropicales ordinarias han ido disminuyendo gradualmente desde el año 1000 d. C., y pese a las predicciones optimistas de períodos alternativos secos y húmedos, la tendencia es más bien a continuar el decremento, especialmente respecto a las regiones al Sur del Sáhara, pues acerca de las mediterráneas sí hay perspectivas de mayor humedad futura, acompañada de inviernos progresivamente más crudos (14).

#### *Las islas Galápagos.*

Se las ha calificado de laboratorios naturales de paleontología, y, en afecto, allí fue donde Darwin tuvo ocasión de observar hechos que le inspiraron sus teorías sobre la evolución y el origen de las especies. Geográficamente no parece este archipiélago ofrecer interés especial: la mayor de sus trece islas, Isabela o Albemarle, mide 966 kilómetros de longitud, pero fuera de otras cuatro menores, el resto son islotes insignificantes; se trata de una emersión volcánica submarina, y unos 2.000 cráteres han cubierto la superficie de lavas negras y rojas; algunas de sus montañas se elevan a más de 1.500 metros, y se da la circunstancia curiosa de que a pesar de hallarse tan cercanas al Ecuador, bañan estas islas aguas oceánicas relativamente frías, a unos 13° C, lo que tiene un marcado influjo sobre su clima; a semejanza de lo que ocurre a la misma latitud en las costas del Perú, escasea la lluvia y está concentrada en los tres primeros meses del año: en el resto prevalece el régimen de sequía.

La fauna está limitada a pocas especies, por la simple razón de que estuvieron desde los principios separadas de otras tierras por vastas extensiones de mar, viviendo en un mundo propio; llegarían de América como a otras partes arrastrados por las corrientes o los vientos, juntamente con semillas de las también escasas plantas capaces de mantenerse en tan duras condiciones; sin embargo, aparte algunas especies de cactus gigantes y arbustos espinosos, no faltan bosques de árboles cubiertos de vegetación parásita: todo ello en vivo contraste con la exuberante vegetación americana de igual latitud.

En estas circunstancias, se comprende que no pudiendo abordar el archipiélago los animales mamíferos, sobre todo los mayores, los reptiles se desarrollaran sin obstáculo ni competencia alguna; el viajero tiene aquí la impresión de hallarse en plena Era secundaria, la época de los reptiles: en las playas abundan las iguanas marinas, de más de un metro de longitud, únicos saurios de tal género acuático hoy existente; se alimentan de algas durante la marea baja y se reúnen al sol en colonias por centenares. En el interior las iguanas de tierra viven con las tortugas gigantes que han dado

nombre al archipiélago y cuyo diámetro mayor sobrepasa el metro; solamente se encuentran vivas aquí y en las islas Seychelles, aunque en estado fósil las hay en muchos sitios de América y Europa: constituyen el ejemplo típico del carácter prehistórico de esta extraña región.

No es esto todo; en las islas Galápagos tuvo lugar por tal razón una diferenciación evolutiva independiente de la que ocurría en otras partes de la Tierra a lo largo de los siglos: aquí el número de antecesores para cada especie hubo de ser forzosamente muy limitado, de donde vino una simplificación en las leyes de la herencia. Tal es el caso para los «pinzones de Darwin» o Geospizidas, aves parecidas a los gorriones nativos de estas islas y pertenecientes a las fringílidias o familia de los pinzones: las 14 especies que se han hallado proceden de un antecesor único, que sin duda llegó allá cuando todavía no halló otra ave alguna y la propagación se hizo en condiciones excepcionales de facilidad en encontrar sustento.

Más tarde fueron llegando representantes de tipos diversos, y por las especiales condiciones arriba mencionadas, se dan hoy pingüinos, propios de climas antárticos, junto a las aves tropicales, y, en conjunto, el ambiente tranquilo se prestaba a convertir aquel lugar en una estación experimental de cultivo de plantas y cría de animales, verificados espontáneamente a larguísimo plazo. Por desgracia, ocurrió lo que inevitablemente se podía temer, como en otros muchos parajes parecidos: la colonización con todas sus consecuencias lamentables bajo el punto de vista científico. Muchas islas han sido invadidas por una fauna importada, que ya ha dado fin a algunas especies nativas interesantes, como sucedió con varias clases de tortugas, cuyos huevos eran devorados por perros y cerdos, al tiempo que los ejemplares adultos eran cazados para aprovechar su grasa, y en cierto modo este influjo destructor continúa en la actualidad.

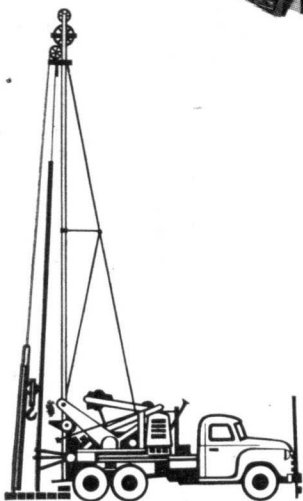
El Gobierno ecuatoriano, de quien dependen las Galápagos, procuró remediar el mal mediante leyes prohibitivas y designación de parques nacionales cerrados: tarea no fácil de llevar a feliz término en territorio tan remoto; últimamente la UNESCO y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza ofrecieron su ayuda en 1960, y se ha comenzado la construcción de un establecimiento biológico en la isla de Santa Cruz o Indefatigable, con laboratorios y residencias bien dotadas de equipos apropiados para llevar a cabo estudios de esta clase; además un navío oceanográfico investigará estos mares, donde abunda extraordinariamente la riqueza pesquera, como recurso adicional en la financiación del proyecto; el principal parque cerrado, defendido en adelante contra todo peligro de perturbación, será la isla Fernandina o Narborough, que, como casi todas, tiene nombre doble, español e inglés.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) ECKERT, A. W. (1962): *The fossil tree that lives*. «Sc. Dig.», v. 51, núm. 2, págs. 1-4, febrero.
- (2) — — (1963): *Coon Creek's fabulous fossils*. «Ibid.», v. 53, núm. 1, págs. 47-53, enero.
- (3) G. C. (1963): *400 jour par an au Silurien*. «La Nature», v. 91, págs. 299-301, julio.
- (4) — — *La vitesse de rot. de la Terre*. «Ibid.», v. 91, pag. 510, diciembre.
- (5) L. C. (1963): *Quel poids avaient les dinosaures?*. «Ibid.», ib., págs. 87-88, febrero.
- (6) MATYAS, C. J. (1962): *Magic, esthetics and primitive art*. «Sc. Dig.», v. 52, núm. 4, páginas 43-54, octubre.
- (7) MAYER-OAKES, W. J. (1963): *Early man in the Andes*. «Sc. Amer.», v. 208, núm. 5, páginas 116-128, mayo.
- (8) METRAUX, A. (1963): *The last stone man in the U. S.* «Sc. Dig.», v. 54, núm. 1, páginas 22-27, julio.
- (9) NEWELL, N. D. (1963): *Crises in the history of life*. «Sc. Amer.», v. 208, núm. páginas 76-92, febrero.
- (10) P. O. (1963): *Explic. de l'art préhistorique*. «La Nat.», v. 91, págs. 200-201, mayo.
- (11) RABOUSSIN, R. (1963): *Perfections et erreurs art. quatern.* «Ibid.», págs. 194-200, mayo.
- (12) WALLACE, W. D. (1963): *Alabama boneyard*. «Sc. Dig.», v. 53, núm. 4, págs. 77-80, abril.
- (13) (1963): *La place de l'ours. rites funer. Néandertal*. «La Nat.», v. 91, págs. 107, marzo.
- (14) (1963): *Shells rewrite history of Nile*. «Sc. Dig.», v. 52, núm. págs. 57-58, febrero.
- (15) (1963): *How to date a rock*. «Ibid.», núm. 6, págs. 75-76, junio.
- (16) (1963): *Older man; longer pleistocene*. «Sc. Amer.», v. 208, núm. 2, págs. 69-70, febrero.

Recibido el 4-III-1964.

Noticias



**miles de  
metros  
perforados**  
cientos de miles de  
metros cúbicos diarios  
de agua alustrados.

**Vegarada**  
perforaciones

Av. Generalísimo, 8 - Tel. 261 56 07 - Madrid-16

## DATOS ESTADISTICOS

### EXPANSION SIDERURGICA NORTEAMERICANA

En lo que va de año ha continuado vigente una coyuntura muy favorable para la expansión de la industria siderúrgica norteamericana. En su primer trimestre, la producción de acero ha sido de 26,84 mill. t., en comparación con 24,42 en el mismo período de 1963, lo que representa un aumento de 9,9 por 100. Se calcula que, en el primer semestre de este año, la producción fue de 41 mill. t. (40,8 en 1963).

### CONSUMO MUNDIAL DE NIQUEL

Según el informe anual de la International Nickel Co., of Canadá Ltd., principal empresa productora, el consumo total mundial de este metal fue en toneladas:

	1961	1962	1963
Estados Unidos ... ..	103.400	106.100	113.400
C. E. E. ... ..	44.900	39.900	44.400
Gran Bretaña ... ..	35.400	28.600	29.500
Japón ... ..	20.000	15.400	22.700
Suecia ... ..	9.100	7.300	8.200
Canadá ... ..	5.400	5.900	6.400
Otros países ... ..	11.300	11.300	13.600
	229.500	214.500	238.200

### LA INDUSTRIA CANADIENSE DEL PETROLEO

Continúa la expansión de la industria canadiense del petróleo, debida, sobre todo, a la creciente exportación de este combustible a Estados Unidos y al aumento de su demanda en la provincia de Ontario. Estados Unidos se propone importar de Canadá, en el primer semestre del año en curso, 10 por 100 más petróleo que en el mismo período del año anterior, y la industrialización de la provincia de Ontario aumentará, por otra parte, en 20 por 100, en el mismo período, su cifra de consumo de este combustible. Se calcula que la producción canadiense de petróleo bruto será en el año 1964 entre 6,5 y 8,5 por 100 mayor que la de 1963. Desde 1952 a 1963 dicha producción ha aumentado en 359 por 100, y las reservas de petróleo en 244 por 100. La del petróleo ha llegado a convertirse en una de las grandes industrias canadienses, y su porvenir dependerá, sobre todo, del desarrollo económico general del país en el futuro y de las relaciones comerciales que mantenga con Estados Unidos.

## LA PRODUCCION DE CARBON

La Secretaría de la Comisión Económica de las Naciones Unidas indica que la producción de carbón de los países de Europa occidental y oriental, excluida la Unión Soviética, se ha mantenido en 1963 con 591 mill. t., al mismo nivel que en 1962, y ha sido superior en 7 mill. t. a la de 1961. Las importaciones de carbón de los países europeos occidentales, que se elevaron en 1963, debido a un invierno crudo, en unos 10 mill. t., han alcanzado 72 mill. t. Las reservas europeas occidentales de carbón bajaron de 43 mill. t. a principios de 1963, a 31 mill. t. a finales de año.

## EL CONSUMO DEL CARBON

En la última memoria anual, el Directorio de la Comunidad Europea del Carbón y el Acero hace observar la tendencia a que disminuya la participación del carbón en el abastecimiento de energía de los países del Mercado Común Europeo, la cual ha pasado del 48,3 por 100 en 1962, a 45,8 por 100 en 1963, y se espera que sea de 43 por 100 en 1964. Por otra parte, van en aumento las importaciones de terceros países, que se calculan para 1964 en 45,5 por 100 del consumo total, contra 42,9 por 100 en 1963 y 38 por 100 en 1962. En relación a 1963, se prevé que aumentará el consumo de carbón por parte de la industria siderúrgica y de las centrales térmicas.

## COTIZACION Y COMERCIO

## VENTAS DE PRODUCTOS SIDERURGICOS ALEMANES

Las ventas del consorcio siderúrgico alemán «Fried Krupp», de Essen, arroja en 1963 una cifra de 77.625 millones de pesetas, inferior en un 8 por 100 a la correspondiente al año anterior. Como ha ocurrido con otras importantes empresas siderúrgicas, el volumen de negocio de la «Krupp» fue afectado por la gran oferta de acero y otros productos de esta industria en el mercado mundial. No obstante, «Krupp» pudo aumentar sus ventas a países extranjeros en 1963 en un 8 por 100, para alcanzar una cifra de 14.170 millones de pesetas. Su mercado principal está constituido por las naciones miembros del Mercado Común Europeo.

## VENTA DE ESTAÑO

El Gobierno de los Estados Unidos ha anunciado la venta de 20.000 toneladas de estaño a lo largo de doce meses, a contar del 20 de marzo. Además, se recabará del Congreso facultades para deshacerse de otras 98.000 toneladas, que es el excedente sobre el consumo nacional durante un plazo de seis u ocho años.

La Administración General del Estaño ha indicado que la oferta adicional de 20.000 toneladas compensarán adecuadamente la escasez de suministros observada, e incluso permitirá la reconstitución de «stocks» en los sectores que utilizan ese metal.

El Consejo Internacional del Estaño, que fue consultado por el Gobierno norteamericano, ha expresado su conformidad con las medidas tomadas.

## MERCURIO

Siguiendo la medida adoptada por los productores italianos, el precio del mercurio español ha sido elevado hasta 90 libras el frasco.

## PETROLEO

El consumo de petróleo aumentó un 8 por 100 en 1963, con un total de 1.215 millones de toneladas, mientras que la producción alcanzó la cifra de 1.248 toneladas, que suponen un aumento del 7 por 100 con respecto del año anterior.

El incremento de la producción se localizó principalmente en el Oriente Medio. La elevación del consumo tuvo lugar en Japón y en los países de la Comunidad Económica Europea fundamentalmente.

## COTIZACION DE METALES

M A T E R I A S	30-12-59	4-1-62	3-1-63	25-3-64	4-6-64
<b>CINC</b>					
Nueva York (centavos por libra)...	12,50	12,50	11,50	13,—	13,50
Londres (£ por Tn.).....	95 1/4-95 1/2	71 3/8-71 1/2	67-67 1/8	102 1/4-102 3/4	121 1/2-125 1/2
<b>ALUMINIO</b>					
Nueva York (centavos por libra) . .	28,10	26,—	22,50	23,50	23,50
Londres (£ por Tn.).....	187	186	180,—	192,—	192,—
<b>MERCURIO</b>					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramo) .....	212-214	191-193	186-189	268-273	266-269
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.) .	72	59	61 1/2	87,—	90
<b>VOLFRAMIO</b>					
Londres (£ por Tn.).....	147-152	104-107 1/2	63-69	80/85	113/6-118
<b>PETROLEO</b>					
Nueva York (£ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,05-3,25	3,05-3,25	3,10	3-3,10	3-3,10
<b>ESTAÑO</b>					
Nueva York (centavos por libra)...	98,75	120,62	113,12	134,50	141,50
<b>COBRE</b>					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	26	31	28,50	32,—	38,25
Londres (£ por Tn.).....	256 1/2-257 1/2	229 1/2-229 3/4	234-234 1/4	284-285	285-286
<b>PLOMO</b>					
Nueva York (centavos por libra)...	12	10,25	10,—	12,80	13,—
Londres (£ por Tn.).....	74 1/4-72 1/2	59 1/4-59 3/8	54-54 1/4	82-82 1/8	87 3/4-88

## SUSPENSIONES ARANCELARIAS

**Antracita.** Ha sido prorrogada hasta el 5 de agosto la suspensión total de la aplicación de los derechos arancelarios a la importación de granos de antracita destinada a calefacción y usos domésticos. La suspensión fue establecida por primera vez el 31 de enero de 1963, y desde entonces ha venido prorrogándose sin solución de continuidad cada tres meses. La suspensión se aplica únicamente a un contingente arancelario de 500.000 toneladas.

**Hulla.** Por Decreto de fecha 6 de mayo ha sido prorrogado hasta el 20 de agosto la vigencia del Decreto de 15 de febrero de 1962, que dispuso la suspensión, en la cuantía del 90 por 100, de la aplicación de los derechos arancelarios a la importación de hullas coqueables.

**Maquinaria de cemento.** Las personas interesadas en acogerse al régimen especial de importación de elementos, aparatos y dispositivos no producidos en España destinados a incorporarse a determinada maquinaria para la fabricación de cemento, deberán dirigir las instancias al Ministerio de Comercio, haciendo referencia concreta a los elementos que se desea importar y a la partida arancelaria que corresponda.

## MEDIDAS ECONOMICAS DEFENSIVAS EN EL MERCADO SIDERURGICO EUROPEO

Con objeto de paliar el estado del mercado siderúrgico y evitar la amenaza de paro obrero, la Alta Autoridad, órgano ejecutivo de la CECA, ha adoptado una política económica de carácter moderadamente proteccionista, a cuyas disposiciones serán sometidos los países miembros en fecha próxima.

1) Establecimiento de una protección aduanera para su mercado siderúrgico a los niveles mínimos mantenidos por Italia (9 por 100 de sobrecarga media).

2) Adición a los actuales derechos de aduana sobre el arrabio, de un suplemento de siete dólares por tonelada.

3) Limitación de los contingentes para el arrabio y acero procedente de los países de Europa oriental a 430.000 y 560.000 toneladas, respectivamente.

4) Prohibición de disminuir los precios de venta establecidos para los productos siderúrgicos, frente a las posibles ofertas de aquellos mismos países.

A estas medidas deberán agregarse otras, como la aplicación de la obligatoriedad de publicación de los precios vigentes por parte de ciertos intermediarios, la verificación de las ventas mediante la regulación de precios, y el fortalecimiento del principio de la no discriminación.

## LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

La industria del cemento es una de las más desarrolladas en varios países africanos, tanto que, una vez cubiertas las necesidades nacionales, pueden alimentar un comercio de exportación. Su desarrollo puede dar la medida de la situación económica de una nación. En general, la inquietud política de varios países africanos ha perjudicado la expansión de este sector industrial.

## PRODUCCION DE CEMENTO ARTIFICIAL PORTLAND

Orden del Ministerio de Industria de 20 de marzo de 1964, por la que se anuncia a las empresas privadas la necesidad de alcanzar los objetivos establecidos en el Plan de Desarrollo Económico y Social para la producción de cemento artificial portland (B. O. del E. número 70, de 21 de marzo de 1964):

«Después del estudio correspondiente, se deduce que en la Zona sur, y especialmente en su parte occidental, a la vista de los proyectos existentes de posible realización, cabe temer un cierto desfase entre producción y demanda durante el período 1964-67, que comprende el Plan de Desarrollo. Para esta zona, que incluye todas las provincias andaluzas y la de Badajoz, y en donde se hallan ubicados el Polo de promoción industrial de Huelva y el Polo de desarrollo industrial de Sevilla, es necesario pensar en que se lleven a cabo nuevos proyectos o ampliaciones de instalaciones de cemento artificial portland para que permitan alcanzar en el año 1967 una capacidad instalada suficiente para obtener normalmente una producción mínima de 2.227.000 toneladas.

En su virtud, las empresas privadas que estén interesadas y dispuestas a ampliar sus actuales factorías o a crear otras nuevas en la Zona sur para alcanzar el aumento de capacidad necesaria para conseguir el objetivo señalado, presentarán en la Dirección General de Industrias para la Construcción, en plazo no superior al de seis meses, contado a partir del 21 de marzo, original y cuatro copias de un proyecto suficientemente detallado.

Las empresas que tengan actualmente presentados proyectos en la Jefatura de Minas correspondiente y estén aprobados por aquéllas, tan sólo deberán presentar los documentos justificativos de los contratos de adquisición de maquinaria, tanto nacional como extranjera.

Si transcurrido el plazo anteriormente señalado, la iniciativa privada, a juicio discrecional del Ministerio de Industria, no garantizase plenamente el aumento de capacidad de producción de cemento artificial portland en la Zona sur en la cuantía establecida, el Gobierno podrá suplir esta insuficiencia ordenando la constitución de las empresas nacionales que fuesen necesarias.»

## ACERO.—CECA

«Los técnicos de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero se han reunido el día 20 de febrero para preparar la agenda de una Conferencia mundial del acero y preparar la lista de los países que a ella hayan de ser invitados.

## SUPRESION DE LA COMISION PARA LA DISTRIBUCION DEL CARBON

Este Organismo, creado en enero de 1941, ha sido suprimido por Decreto de fecha 13 de febrero (B. O. del E. del 22). Sus funciones pasan al Servicio de Calidades de los Carbones, de la Dirección General de Minas y Combustibles. Las exacciones servirán para atender los gastos del Patronato «Juan de la Cierva», a los del Servicio de Calidades y a subvencionar al Montepío, o en su caso a la Caja de Jubilaciones y Subsidios en favor del personal de las minas de carbón. De los bienes patrimoniales se hará cargo la Comisión Liquidadora de Organismos, la cual aplicará las normas contenidas en el mismo Decreto sobre el cese del personal.

## COTIZACION Y COMERCIO

## EL MERCADO DEL PETROLEO EN 1963

La producción mundial de crudo ha alcanzado las cifras promedio diarias de 21.466.400 barriles en el mundo libre y 4.5000.000 en el comunista, con aumentos respectivos del 6,5 y 10,9 por 100 sobre las de 1962. Las reservas han mantenido su valor relativo con 301.542.300.000 barriles en el mercado libre y 29.500.000.000 en el comunista, equivalentes a cerca de cuarenta y veinte años, respectivamente, a los ritmos de consumo actuales. Oriente Medio sigue a la cabeza con el 30 por 100 de la producción mundial libre y casi el 70 por 100 de las reservas no comunistas. La capacidad mundial de refino se estima en unos 32.000.000 de barriles por día, de los cuales 26.415.400 pertenecen al mundo libre, que tiene una supremacía indiscutible.

Las cotizaciones publicadas para el Caribe por el Platt's Oilgram son:

A Ñ O S	GASOLINA		KEROSENO		GAS-OIL		FUEL-OIL	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
1961	9,125	8,—	9,875	9,50	9,—	8,40	200	200
1962	8,20	7,70	9,70	9,50	8,60	8,20	200	200
1963	8,—	7,30	9,80	9,20	8,10	7,80	200	200

Los precios de la gasolina, keroseno y gas-oil están referidos al galón americano (3,785 litros), y los del fuel-oil al barril (159 litros), y están expresados en centavos de dólar.

## CRIADEROS

## LOS MINERALES DEL PACIFICO

Enormes yacimientos de hierro y manganeso, que alcanzan en ciertas partes hasta 19.000 toneladas por kilómetro cuadrado, se encuentran en el fondo del océano Pacífico, de acuerdo con los hombres de ciencia que se encuentran a bordo del barco soviético «Vityaz», a quienes se debe la información.

Según ellos, estos yacimientos se encuentran en un vasto campo volcánico submarino, y en su totalidad, de acuerdo con los cálculos, se trata de unos 50.000 millones de toneladas, de manera que estos yacimientos son mucho más importantes que los continentales conocidos.

Las demás informaciones recogidas por los científicos soviéticos han permitido establecer un mapa del fondo del Pacífico occidental, y de esta manera es posible conocer las particularidades de la estructura y de la historia geológica del Extremo Oriente.

## MATERIAS PRIMAS, FUENTES DE ENERGIA Y PRODUCCION DE VENEZUELA

Venezuela cuenta para su futuro desarrollo industrial con una producción minera, en la que destacan por su importancia los yacimientos de mineral de hierro, recientemente des-

cubiertos, de «San Isidro», cuyas reservas se calculan en 650.000.000 de toneladas, y que el Gobierno venezolano piensa explotar en beneficio exclusivo de la siderurgia nacional. La producción, iniciada en 1951, del yacimiento de «El Pao», que tiene unas reservas estimadas en 60.000.000 de toneladas, se dirige actualmente en su totalidad hacia Estados Unidos. Existen también importantes yacimientos de níquel, fosfatos y cobre.

En cuanto al petróleo, la producción de 155.888.000 toneladas en 1961, representó el 13,8 por 100 de la total mundial. La actual política petrolífera venezolana de no facilitar nuevas concesiones de explotación a entidades extranjeras, establecidas o no estatutariamente en su territorio nacional, y la creación, por otra parte, de la Compañía Nacional de Petróleos, dio de inmediato un resultado negativo, ya que las compañías concesionarias, en defensa de sus intereses, redujeron sus inversiones, y prácticamente hicieron cesar todos sus trabajos de prospección, hasta el punto que en los medios responsables del país se haya pensado en recurrir a firmar con ellas contratos de «participación» como solución de compromiso para resolver los problemas presentes.

La producción de energía, expresada en equivalentes carbón, incluyendo la obtenida del lignito, petróleo bruto, hulla, gas natural y energía hidroeléctrica, pasó de 186,7 millones de toneladas a 209,6 millones durante el período 1958-61. Su consumo ascendió también durante estos mismos años de 17,3 millones de toneladas a 20,98 millones. Estas cantidades, traducidas en cifras de consumo de energía «per capita», dan un total que es, aproximadamente, el doble de la cifra media mundial (1.400 kilogramos) y superior asimismo a la cifra media de Europa occidental (2.600 kilogramos).

En el capítulo de las industrias de transformación, se encuentra en un primer plano la producción de acero, que fue de 150.000 toneladas, y la de hierro, de 50.000, referidas ambas cifras al año 1962.

Por su parte, la industria petroquímica venezolana produce unos quince artículos diferentes, estando ya en condiciones de exportar ciertos excedentes. El conjunto de la producción en el sector de las industrias de transformación ha pasado de representar el 6 por 100 del total en 1961 a equivaler al 12 por 100 en 1962, existiendo artículos, tales como productos farmacéuticos, papel, piezas de recambio para automóviles, cementos, pinturas, aluminio, aparatos electrodomésticos, etc., cuya producción cubre casi las demandas nacionales.

## PRODUCCION DE GAS POR CEPSA

Durante el año 1963 ha suministrado Cepsa cerca de un millón de metros cúbicos de gas de Castillo 1 y 2 a Esmaltaciones San Ignacio. Los pozos Victoria 1 y 2, con abundantes reservas de gas, no han resultado comerciales debido a la gran capacidad de la formación que los contiene. Se ha descubierto un gran campo de gas, pero es preciso buscar condiciones de porosidad suficiente para hacer posible su explotación económica.

## NOVEDADES INDUSTRIALES Y CIENTIFICAS

## LOS EFECTOS DE LAS RADIACIONES

La Comisión de las Naciones Unidas encargada especialmente del examen de los efectos de las radiaciones atómicas sobre el hombre y el medio ambiente, ha declarado recien-



temente que las radiaciones que se añaden a la radiactividad normal son peligrosas para el hombre, en el sentido de provocar cáncer y otras enfermedades, o que pueden tener un efecto desventajoso para las generaciones futuras. Aunque se tenga en cuenta que la radiactividad producida por los aparatos médicos, el uso industrial de la energía atómica y los experimentos con armas nucleares es más débil que la proveniente de fuentes naturales, se señala, sin embargo, en el informe, que hay que evitar exponerse innecesariamente a ella.

El Comité, al que pertenecen hombres de ciencia de 15 países, subraya que desde 1958 se han alcanzado importantes progresos en el campo de la investigación de las fuentes radiactivas naturales y del empleo de rayos en el diagnóstico y el tratamiento médico en general. También la genética ha hecho desde entonces progresos considerables, y se ha confirmado la posibilidad de mutaciones como consecuencia de las radiaciones. La Comisión ha comprobado además que entre los productos de la escisión en las explosiones nucleares, los efectos del carbono 14 son para las futuras generaciones más peligrosas que los del estroncio 90.

El informe, de 500 páginas, será examinado en el curso de la próxima sesión de la Asamblea general de las Naciones Unidas.

#### REDUCCION DE LA MANO DE OBRA

En Alemania occidental se produjo por primera vez una reducción de la mano de obra global al servicio de la industria, mientras experimentó un notable aumento la producción. Dicha mano de obra disminuyó en 1,8 por 100 y el número de horas de trabajo en 3,4 por 100, en tanto que la producción se elevó en 3,5 por 100. Esto ha sido debido a la modernización de las instalaciones, racionalización de las técnicas productivas y aumento de la productividad por trabajador, que ha sido de 4,6 por 100. No obstante, en algunas ramas de la producción, principalmente en las de la industria siderúrgica, la construcción naval, la mecánica de precisión, la óptica, la construcción de maquinaria, la tecnología de la madera, la vidriera y la cerámica, han disminuído sensiblemente la producción.

#### «COL PA»

Ha aparecido con fecha 1 de abril del corriente año el número 1.º de la revista *Col pa*, siglas correspondientes a Coloquios de la Cátedra de Paleontología, de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid.

Dicha revista está dividida en las siguientes secciones: Paleontología general (Ciencias geológicas), Paleontología (Ciencias biológicas), Micropaleontología, Paleobotánica, Paleontología humana, Paleozoología especial y Paleontología estratigráfica doctoral.

Les damos la más cordial enhorabuena a los promotores de la revista y les deseamos sea un éxito, como esperamos, para su desarrollo entre todos aquellos que se ocupan de la Paleontología.

#### CENTRAL MAREOMOTRIZ

La primera central eléctrica mareomotriz del mundo, es decir, que utiliza el movimiento de las mareas para generar energía, ha entrado en su fase final de construcción. Está situada en Francia, en el estuario del Rance, río que desemboca en el Canal de la Mancha, entre Saint-Malo y Dinard, en Bretaña, donde las mareas alcanzan, por término medio, más de 13 metros de altura.

#### REACTOR EXPERIMENTAL

La Comisión de Energía Atómica norteamericana proyecta la construcción, en Arkansas, de un reactor nuclear experimental, prototipo posible de los que podrían ser utilizados en futuras centrales electrónicas, y que deberá ser financiado conjuntamente por la citada Comisión, un grupo de 17 compañías de producción de energía eléctrica privadas del sureste de Estados Unidos, la «Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft» (AEG) y el «Euratom». Este último tendría que sufragar el 35 por 100 del presupuesto total de construcción de dicho reactor, que se eleva a 720 millones de pesetas. Queda todavía por ver si el «Euratom» se decide a tomar parte en la realización de un proyecto relativamente costoso, precisamente en unas circunstancias en las que ha reducido sus propios programas de investigación.

#### CENTRAL ATOMICA

La «Jersey Central Power and Light Company» ha anunciado la instalación de una central atómica con una potencia de 640 Mw., cuya construcción importará unos 4.080 millones de pesetas, y que podrá producir energía eléctrica al coste de 2,40 pesetas el kilovatio. Este precio resulta inferior al correspondiente a las centrales alimentadas con fuentes convencionales de energía. El contrato de construcción de esta central se ha adjudicado a la «General Electric Company», que hace poco recibió el encargo de montar asimismo en una localidad del Estado de Nueva York una central atómica de 500 Mw. de potencia y destinada a la «Niagara Mohawk».

#### REDUCCION DEL COSTO DE PURIFICACION DEL AGUA DEL MAR

Se pueden construir instalaciones de evaporación instantánea para la obtención de agua potable a partir del agua del mar o de otras aguas cargadas de minerales a menos de ocho pesetas por metro cúbico de agua, lo que representa una sensible reducción de costos. Estas economías se deben a recientes adelantos tecnológicos en el cálculo, fabricación y explotación de tales instalaciones.

La experiencia adquirida al proyectar instalaciones pequeñas ha proporcionado los datos necesarios para la construcción de instalaciones gigantescas, capaces de purificar millones de litros de agua potable al día. La explotación de tales instalaciones sería mucho más económica, por litro de agua potable producida, que la de sistemas pequeños.

El evaporador instantáneo puede dividirse en unidades modulares o integrarse con otra instalación (una fábrica de productos químicos, por ejemplo) para reducir al mínimo las condiciones y material necesario para lograr una disposición de gran rendimiento.

El adelanto más reciente tiene que ver con la explotación. Consiste en un método para el tratamiento químico del agua de mar antes de que entre en la instalación evaporadora. El Negociado de Aguas Salinas del Gobierno de los Estados Unidos, se vale de este método en una instalación construída cerca de San Diego, California. Este tratamiento previo ha permitido elevar la temperatura de funcionamiento del evaporador de 88 a 120º C. Anteriormente, la incrustación de las tuberías impedía el uso de niveles de calor más elevados y eficaces. Con esta mejora se ha logrado incrementar la capacidad de la instalación en un 40 por 100, es decir, de su producción inicial de 3.785.000 litros al día, a 5.300.000.

## USOS PARA LA CENIZA FINA DE CARBON

Se están investigando nuevos usos posibles para las montañas de ceniza fina acumuladas por las centrales que queman carbón en polvo para producir electricidad. El laboratorio del Instituto Battelle, en Columbus, Ohio, inició hace poco un estudio de tres años sobre los usos de estas cenizas.

Son un polvillo gris que se parece al cemento portland, excepto en cuanto a su densidad. El viento puede soplar la ceniza, lo que es una importante fuente de contaminación de la atmósfera. Ahora estas cenizas se recogen mecánicamente y electrostáticamente a un régimen de más de 10 millones de toneladas por año. El problema de la contaminación del aire ha sido resuelto, pero no el de la eliminación de la ceniza.

Uno de los posibles usos es la fabricación de hormigón; pero actualmente sólo se recoge un porcentaje mínimo de ceniza para añadirla al cemento portland o en sustitución parcial de un ingrediente tal como la arena.

La ceniza difiere según el tipo de carbón y la caldera usados, por lo cual es difícil determinar su adaptabilidad para determinado fin sin someterla antes a meticulosas pruebas.

Otros posibles usos de la ceniza son en calidad de relleno para pavimentos de asfalto, estabilización del suelo por debajo de carreteras cuya infraestructura no es sólida, como cemento de baja calidad para impermeabilización de acequias de riego, como agregado de peso liviano para hormigón y como materia prima en productos cerámicos.

## NUEVA EMPRESA QUIMICA EN COLOMBIA

La Stauffer Chemical Co. y la Celanese Colombiana, S. A., subsidiaria esta última de la Celanese Corp. of America, organizaron una compañía de propiedad común que fabricará productos químicos en Colombia.

La nueva compañía, denominada Química Internacional, S. A., adquirió las instalaciones azufreras de Barranquilla, antes propiedad de la Celanese Colombiana. Los productos de la Química Internacional abarcan ácido sulfúrico y bisulfuro de carbono, empleados por la fábrica de rayón viscoso de la Celanese Colombiana en Barranquilla y otras industrias colombianas.

Están formulando planes para ampliar la fabricación de productos químicos a base de azufre.

## FERTILIZANTES EN PORTUGAL

Ha comenzado sus actividades industriales la fábrica de fertilizantes Lavradio, la más importante empresa portuguesa dedicada a la elaboración de esos productos. Las instalaciones están cerca de Lisboa, y las dirige la União Fabril do Azoto, dependiente de la Compañía União Fabril. Esta última pertenece a uno de los principales grupos comerciales de Portugal.

El gas de síntesis del amoníaco se produce por carga de alimentación de destilado de petróleo y por reforma a presión catalítica. Para purificar el gas de síntesis y suministrar el dióxido de carbono purificado que se usa en la producción de urea, se aplica el proceso Giammarco-Vetrocoke y solución de cobre. En la unidad de urea se aplica el proceso Fauser-Montecatini, y se le ha diseñado para operaciones de repaso totales o parciales. Los gases de reciclaje los utilizan plantas de ácido nítrico y de nitrocaliza.

La creación del complejo totalmente integrado para la producción de abonos nitrogenados y otras instalaciones, estuvo a cargo de la Kellogg International Corp., de Londres, y de la M. W. Kellogg, de Nueva York.

Tanto los planes de elaboración destinados a la unidad de amoníaco, cuya capacidad es de 180 toneladas diarias, como los de producción técnica de la urea (120 toneladas diarias), estuvieron también a cargo de la Kellogg.

## FABRICA DE CEMENTO EN MEXICO

La firma de Cementos Sinaloa, S. A., de Sinaloa (Méjico), edificará una planta industrial para la fabricación de cemento en la zona nord-occidental del país.

La nueva planta estará ubicada en Hornillos (Sinaloa), zona en la que se dispone de abundante materia prima en las cercanías de la fábrica. El costo total de las instalaciones se estima en, aproximadamente, 300 millones de pesetas, y parte de él será sufragado con un crédito de 96 millones, otorgado por la Alianza para el Progreso.

La planta tendrá silos y equipos para el envase de cemento, y en cuanto al proceso industrial será en seco, por horno continuo único, con una capacidad diaria de 400 toneladas métricas o anual de 120.000.

## EL OZONO ATMOSFERICO

El Grupo de Trabajos Regional del Ozono Atmosférico (OMM) establecido en 1962 y presidido por el Dr. Frith, ha estudiado por correspondencia un proyecto relativo a la ejecución de comparaciones de espectrofotómetros del Ozono. Según este proyecto, los datos de observaciones de diferentes estaciones de la región, así como de los resultados de las demás mediciones mensuales, serán enviados a un centro que podrá verificar y desechar las estaciones de las que los datos parezcan dudosos. Las inspecciones que se revelan necesarias serán efectuadas por un especialista.

## ATLAS CLIMATOLOGICO DEL AFRICA

La Secretaría de la Comisión de Cooperación técnica de Africa, Consejo Científico para el Africa (CCTA/CSA), anuncia que el Atlas Climatológico del Africa está terminado y que existe ya a punto de publicarse. Una tirada de 300 ejemplares será puesta en venta.

## EXPANSION DE LA «IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIE»

El consorcio químico británico «Imperial Chemical Industrie» (ICI) participa con 31 por ciento en el capital fundacional de una nueva firma española denominada «Alcudia, empresa para la industria química», la cual instalará en Puertollano una factoría petroquímica. Al principal accionista de la «Alcudia», la empresa «Calvo Sotelo», cuya participación en aquélla asciende al 44 por 100, se ha encomendado la construcción de un oleoducto desde Málaga a Puertollano, donde se refinarán y transformarán en diversos productos petroquímicos hasta 2 mill. t. de petróleo.

Para ampliar el volumen de sus actividades en Irlanda, ha creado la ICI una sociedad

filiat, la «ICI (Ireland) Ltd.», para la venta, sobre todo, de fertilizantes, pesticidas, productos plásticos (especialmente terileno), farmacos, colorantes, etc.

La ICI ha puesto recientemente a disposición de la industria lanera una nueva serie de colorantes, con el nombre comercial de «procián», los cuales se combinan químicamente con las fibras de lana.

#### LA «MONTESCHELL PETROCHIMICA»

La empresa italiana «Montecatini» y la «Royal Dutch Shell» han constituido su tercera empresa común, la «Monteschell Petroquímica», que dispondrá de las dos factorías petroquímicas construidas por la primera en Ferrara y Brindisi, valoradas en 12 mill. de pesetas. En la factoría enclavada en esta última ciudad se producirán plásticos a base de polipropileno mediante el uso de patentes registradas por el Prof. Natta, adquiridas por la «Montecatini». De las otras dos empresas mixtas formadas por estos dos consorcios, la primera se dedica a la producción de polipropileno en Holanda y la segunda distribuye productos sintéticos obtenidos por ambas firmas matrices.

## CONGRESOS Y REUNIONES

### LABORATORIO DEL MUSEO DE GEOLOGIA DEL SEMINARIO DE BARCELONA

La plaza de Director del Laboratorio del Museo de Geología, del Seminario de Barcelona, vacante por el fallecimiento de nuestro querido colaborador Dr. D. José Ramón Bataller Catalunya, fue ocupada por el Dr. D. Luis Vía Boada, quien al mismo tiempo se hace cargo de la Cátedra de Geología y Biología del Seminario Diocesano de Barcelona. Deseamos al Dr. Vía Boada toda clase de éxitos en su nuevo cargo.

### EL CENTENARIO DE GALILEO

Con ocasión del cuarto centenario del nacimiento de Galileo Galilei (1564-1964), se han organizado en Italia varios actos conmemorativos en los que se ha glosado su figura y su obra. Comenzaron en febrero, en Pisa, con asistencia de representaciones de las academias, las universidades y las ciudades más ligadas a las circunstancias de su vida y labor científica, y continuarán en Florencia, Padua y Roma. Consistirán estos actos en reuniones científicas nacionales e internacionales, concesión de premios, exposiciones y reedición de sus obras.

### III REUNIÓN DEL GRUPO ESPAÑOL DE SEDIMENTOLOGÍA

El pasado mes de junio, entre los días 10 y 13, se celebró en Zaragoza la Tercera Reunión del Grupo Español de Sedimentología, que superó con mucho el éxito de las dos anteriores. Se efectuaron 84 inscripciones y fueron pocos los que por diversas causas no asistieron.

El acto inaugural, como la mayoría de las reuniones de trabajo, se celebró en la

Facultad de Ciencias de la Ciudad Universitaria, presidido por el Rector de dicha Universidad, con el Decano de esta Facultad, el Prof. Hernández Pacheco, y la Dra. Pérez Mateos.

Hizo uso de la palabra el Secretario de la Reunión, Prof. Oriol Riba, que dio la bienvenida a los congresistas y manifestó su agradable sorpresa por el gran éxito alcanzado en esta Tercera Reunión por el número de asistentes, por la calidad de los trabajos realizados y por estar representadas varias Facultades de Ciencias, así como los centros de investigación más o menos relacionados con la Sedimentología y Petrografía Sedimentaria.

Después de hacer un resumen histórico del desarrollo de este Grupo, y de resaltar la importancia que esta rama de la Ciencia iba alcanzando en nuestro país, el Prof. Oriol Riba dio cuenta de la invitación recibida para asistir al próximo Congreso Internacional de Londres y la oferta que se nos hizo para que fuera España la sede del siguiente Congreso Internacional, que se piensa celebrar en el año 1971.

El Prof. Oriol Riba cedió la palabra al Prof. Hernández Pacheco para que pronunciara la primera conferencia de estudio, con la que se inauguraban las sesiones de trabajo; a lo largo de una interesante conferencia hizo el Prof. Hernández Pacheco hincapié en la importancia que tenía la adopción de un léxico sedimentológico adecuado.

En las sesiones de trabajo que se celebraron mañana y tarde durante los días 10, 11 y 12, se presentaron unas 30 comunicaciones, distribuidas en los apartados siguientes: Mineralogía Sedimentaria, Petrografía Sedimentaria y Sedimentología Estratigráfica.

Se hizo una visita a la Estación Experimental de «Aula Dei», centro de investigación dependiente del C. S. de I. C. dedicado al estudio de problemas relacionados con la calidad de cultivos, donde se presta una atención especial al estudio del suelo y mejoras de semillas.

En la Sesión de clausura se acordó lo siguiente: 1.º Estas Reuniones del Grupo se celebrarán cada dos años. 2.º La próxima Reunión de 1966 se propuso tuviera lugar en Salamanca, Oviedo o Granada, acordándose por mayoría fuera Oviedo el lugar de la Reunión. 3.º El Comité de Recepción para esta IV Reunión, tendrá como Presidente al Prof. Oriol Riba, de Vicepresidente al Prof. Llopis Lladó, y como Secretaria a la Profesora Srta. Virgili. 4.º Con objeto de concentrar la labor investigadora en un aspecto sedimentológico, se recomendó el estudio de las zonas del Guadalquivir, Pánuco, Depresión del Ebro, Zona Cantábrica y Cuencas Centrales. 5.º Los centros que se penso deben estar representados en las próximas reuniones son: Las cuatro Secciones de Geológicas, Instituto «Lucas Mallada», Instituto de Edafología, Instituto Geológico y Minero y Ministerio de Obras Públicas. 6.º La V Reunión del Grupo tendrá lugar en 1968 como preparación para asistir al Congreso Internacional que en el mismo año se celebrará en Londres. 7.º En espera de poder confirmarlo en Oviedo, se pensó aceptar la invitación de que España fuera la sede del Congreso Internacional de Sedimentología del año 1971.

El día 13 se realizó una excursión al Terciario Continental y Cuaternario de Navarra, dirigida por los Dres. Oriol Riba, Del Valle y Salvador Mensúa; se había entregado previamente un folleto explicativo de la misma, ilustrado con una serie de mapas y esquemas aclaratorios.

Con esta Excursión finalizó la Tercera Reunión del Grupo Español de Sedimentología, que fue un verdadero éxito, y felicitamos muy de veras al Prof. Oriol Riba, ya que se encargó personalmente de todo lo relacionado con dicha reunión.—F. M. M.

### SIMPOSIUM DE VULCANOLOGÍA EN NEW ZELANDA

Del 15 de noviembre al 15 de diciembre de 1965, se celebrará en New Zelanda un Simposium consagrado a la Vulcanología.

Dos temas serán particularmente el objeto de este Simposium, uno de ellos las reservas geotermales y otro el vulcanismo ácido bajo el aspecto de «riolitas, ignibritas y depósitos púmicos».

#### ASOCIACION INTERNACIONAL DE VULCANOLOGIA

Más de 300 Delegados participaron en la Reunión que del 19 al 31 de agosto de 1963, celebrada en Berkeley, con la representación de gran número de países.

Varias de las reuniones se consagraron a los problemas de organización y la coordinación de cuestiones técnicas. Este Congreso ha dado lugar a una interesante actividad científica, cubriendo los trabajos las cuatro secciones de la Asociación Internacional de Vulcanología. Cinco simposiums se tuvieron simultáneamente con la Asamblea.

A fin de permitir a los participantes seguir todas las comunicaciones, los trabajos de las diferentes secciones se organizaron de manera que en el curso de la misma jornada no se trataron cuestiones de interés más que en una sola sección. Se desarrollaron paralelamente a los trabajos de la sección, y los simposium, algunos concernientes sólo a la Asociación Internacional de Vulcanología, y otras conjuntamente con otras Asociaciones. Los cinco simposium fueron: 1.º Manto superior, 2.º Problemas isotópicos relacionados con la Vulcanología, 3.º Los equilibrios de los isótopos estables en las rocas y los isótopos radiactivos en las rocas, 4.º Fenómenos posteruptivos en las regiones de vulcanismo activo 5.º Posibilidad de normalizar las observaciones en las estaciones vulcanológicas.

#### PALEOGRAFIA, PALEOCLIMATOLOGIA Y PALEOCOLOGIA

Una nueva revista científica titulada «Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology», se publicará trimestralmente por la «Elsevier Publishing Company», de Amsterdam, siendo el volumen anual del orden de unas 320 páginas. El primer fascículo aparecerá a fines del año 1964 o principios del 1965. Se publicarán artículos de investigación, revisión de artículos, comunicaciones breves, bibliografía de los libros recibidos, entre ellos de los campos de la Paleogeografía, Paleoclimatología y Paleogeografía.

#### COLOQUIO EN LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE BERLIN

Con motivo del 75 aniversario del Instituto Geomagnético de Postdam, se celebrará un Coloquio en la Academia de Ciencias de Berlin, los días 20 al 21 de mayo. Los temas más importantes a tratar serán Paleomagnetismo, Variaciones rápidas y Flujos corpusculares solares. Simultáneamente habrá discusiones de propiedades magnéticas de las rocas de la corteza terrestre, y de la variación del campo geomagnético en su relación con los procesos en la ionosfera y en los espacios interplanetarios. Al final se celebrará una visita al Observatorio Adolf-Schmidt en Niemegek.

#### GEOLOGIA MARINA

La Compañía Elsevier de Publicaciones, bajo un Cuerpo Internacional de redacción, formado por 27 expertos, ha publicado el primer número titulado «Marine Geology». El nuevo periódico internacional es consecuencia del rápido incremento observado en las Ciencias geológicas aplicada a la Marina.

Además de los artículos científicos, tendrán comunicaciones breves, que se considerarán como notas preliminares y también se podrán publicar descripciones y nuevos métodos, técnicas e instrumentos.

El primer número aparece en 1964, y se espera que el volumen anual sea del orden de 400 páginas.

#### X CONGRESO INTERNACIONAL DE FOTOGRAFIA

Del 7 al 9 de septiembre se celebrará en Lisboa, organizada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría, el X Congreso.

Los temas a tratar son: 1. Fotogrametría, Fotografía y Navegación Aérea, 2.º Métodos e Instrumentos de Restitución, 3.º Aerotriangulación, 4.º Levantamientos fotogramétricos, en el cual existen las siguientes subdivisiones: a) Levantamientos Catastrales, b) Levantamientos Urbanos, c) Levantamientos en pequeña escala, d) Ingeniería Civil, 5.º Aplicaciones especiales de la Fotogrametría, 6.º Enseñanza, Terminología y bibliografía, 7.º Interpretación de las fotografías aéreas, que tiene los siguientes grupos de trabajo: e) Equipos y técnicos, f) Geología, g) Estudio del suelo, h) Vegetación, i) Geografía regional y planificación, j) Glaciología, k) Arqueología, l) Oceanografía y estudios costeros, m) Ingeniería Civil.

#### SIGLAS UTILIZADAS EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

AGI: Año Geofísico Internacional.

AI: Asociación Internacional de Geodesia.

AIGA: Asociación Internacional de Geomatemática y de Aeronautia.

AHIS: Asociación Internacional de Hidrología Científica.

AIMPA: Asociación Internacional de Meteorología y Física de la Atmósfera

AICP: Asociación Internacional de Oceanografía Física.

AISETI: Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra.

AIV: Asociación Internacional de Vulcanología.

CIG: Comisión Internacional de Geofísica.

CIUS: Consejo Internacional de Uniones Científicas.

COSPAR: Comisión para Investigaciones del Espacio.

CSAGI: Comisión Espacial para el año Geofísico Internacional.

FAGS: Federación de los Servicios permanentes de Astronomía, Geodesia y Geofísica.

FAO: Organización para alimentación y de la Agricultura.

CEBCO: Mapa General Batimétrico de los Océanos.

IAC: Comisión Consultiva Internacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales.

IAEA: Agencia Internacional de Energía Atómica.

IAG: Asociación Internacional de Geodesia.

IAGA: Asociación Internacional de Geomagnetismo y Aeronautia.

IAMAP: Asociación Internacional de Meteorología Física Atmosférica.

IAPSO: Asociación Internacional de Oceanografía Física.

IASH: Asociación Internacional de Hidrología Científica

IASPEI: Asociación Internacional de Sismología y Física del interior de la Tierra.

IAU: Unión Astronómica Internacional.

IAV: Asociación Internacional de Vulcanología.

ICES: Consejo Internacional para la exploración del mar.

ICOR: Conferencia Intergubernamental de Investigaciones Oceánicas.

ICSU: Consejo Internacional de Uniones Científicas.  
 IGU: Unión Geográfica Internacional.  
 IGY: Año Geofísico Internacional.  
 IHB: Oficina Internacional de Hidrografía.  
 IMU: Unión Internacional de Matemáticas.  
 IOC: Comisión Intergubernamental Oceanográfica.  
 IOE: Expedición al Océano Indico.  
 IPMS: Servicio Internacional de Estudios Polares.  
 IOSY: Años Internacionales del Sol tranquilo.  
 IUB: Unión Internacional de Bioquímica.  
 IUBS: Unión Internacional de Ciencias Biológicas.  
 IUCr: Unión Internacional de Cristalografía.  
 IUGG: Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.  
 IUGS: Unión Internacional de Ciencias Geológicas.  
 IUHPS: Unión Internacional de la Historia y Filosofía de la Ciencia.  
 IUPAC: Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.  
 IUPAP: Unión Internacional de Física Pura y Aplicada.  
 IUPS: Unión Internacional de Ciencias Geológicas.  
 IUTAM: Unión Internacional de Mecánica Teórica y Aplicada.  
 JCAR: Comisión de Radiactividad Aplicada.  
 OMM: Organización Meteorológica Mundial.  
 SCAR: Misión Científica de Investigación Antártica.  
 SCOR: Comisión Científica de Investigación de los Océanos.  
 UNESCO: Naciones Unidas para la Educación Científica y Organización Cultural.  
 URSI: Unión Radio Científica Internacional.  
 WMO: Organización Meteorológica Mundial.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACION DEL CUATERNARIO

El próximo año de 1967 se celebrará el Séptimo Congreso Internacional de la Asociación de Investigación del Cuaternario; las reuniones científicas tendrán lugar en Denver, Colorado, del 30 de agosto al 5 de septiembre, y además habrá conferencias, que se darán indistintamente en Boulder y en Denver, del 14 al 20 de agosto, o sea antes del Congreso, y del 5 al 19 de septiembre, con posterioridad al mismo.

Los trabajos se dividirán en las ocho secciones siguientes:

- 1.ª Líneas costeras cuaternarias, con los temas siguientes: a) Líneas costeras Báltico-Escandinavas; b) Mar Mediterráneo y Negro, Mar Caspio; c) Líneas costeras Euro-Africanas y Atlánticas; d) Líneas costeras Americanas.
  - 2.ª Nomenclatura y correlación del Cuaternario, con los siguientes grupos: a) Límite del Pleistoceno superior; b) El Eoceno; c) La Estratigrafía del loes de Europa.
  - 3.ª Neotectónica.
  - 4.ª Naturaleza y origen de los depósitos cuaternarios.
  - 5.ª Edad absoluta de los depósitos cuaternarios.
  - 6.ª El Mapa cuaternario de Europa.
  - 7.ª Mapas regionales cuaternarios, en los cuales habrá la siguiente subdivisión:
    - a) Mapas cuaternarios del Noroeste de Africa.
  - 8.ª Teprocronología.
- Además, funcionarían los siguientes grupos:
- Grupo 1.º Estado actual biológico y físico del ambiente y procesos, Biogeografía, Gli-

matología, Ecología, Glaciología, Geomorfología, Hidrología, Limnología, Oceanografía y Edatología, con las siguientes subdivisiones: a) Regiones polares. b) Artico y Alpino or Glaciología. d) Regiones templadas. e) Regiones áridas. f) Regiones tropicales húmedas. g) Océanos del mundo. h) Climas del mundo.

Grupo 2.º Datos locales o regionales del Cuaternario y su historia: a) Estratigrafía marina, Edafología y Datación isotópica. b) Líneas costeras del Cuaternario, Sstratigrafía marina y Datación isotópica. c) Paleocología, Paleobiogeografía y Datación isotópica. d) Palinología y Datación isotópica. e) Arqueología y Antropología del Viejo Mundo. f) Arqueología del valle del Nilo. g) El hombre primitivo en Norteamérica. h) Arqueología del hombre primitivo y Antropología del norte de América. i) Paleontología de vertebrados y Paleozografía. j) Paleontología invertebrada y Paleozografía. k) Geomorfología, Geografía y Paleohidrología. l) Tectónica cuaternaria, Volcanismo y Paleomagnetismo. m) Fenómenos criogénicos cuaternarios.

Grupo 3.º Interpretaciones mundiales: a) Cambios en la distribución de los procesos geológicos, geomórficos y edafológicos durante el Cuaternario. b) Cambios en la distribución de las plantas y animales, incluido el hombre durante el Cuaternario. c) Naturaleza de los océanos cuaternarios. d) Naturaleza y distribución de los climas cuaternarios. e) Cronología y correlación de la vida del mundo durante las diferentes circunstancias del Cuaternario.

El Symposium que se ha de celebrar en Boulder tendrá como temas: 1) Extinción del Pleistoceno superior. 2) Arqueología prelarámica y de la América cuaternaria. 3) Causas del cambio de clima. 4) Historia del Cenozoico superior de la Bering Land Bridge. 5) Historia del Cuaternario de las cuencas oceánicas. 6) La estructura del registro edafológico del Cuaternario.

#### DIRECTIVA DE LA REAL SOCIEDAD GEOGRAFICA

La antigua costumbre de que el Subdirector del Instituto Geológico y Minero y el Catedrático de Geología de la Escuela Especial de Ingenieros de Minas formen parte de la Directiva de la Real Sociedad Geográfica como vocales, se ha reanudado con ocasión de la pasada renovación de ella; por tal motivo, han sido designados vocales de la misma el excelentísimo señor D. José Cantos Figuerola y D. José María Ríos García.

#### ACADEMIA DE CIENCIAS Y ARTES, DE BARCELONA

Han sido designados miembros correspondientes de la Real Academia de Ciencias y Artes, de Barcelona, el Director del Instituto Geológico y Minero, Excmo. Sr. D. Antonio Almela Samper, y el Catedrático de Geología de la Escuela de Minas, Sr. D. José María Ríos García, a los cuales les damos la más cordial enhorabuena.

#### COLOQUIO SOBRE HIDROMETEOROLOGIA

Con ocasión de la Jornada Meteorológica Mundial, que tuvo lugar el 23 de marzo de 1963, el Servicio Meteorológico de la India, la Comisión Central de la Energía y de Investigaciones Hidráulicas y la Sociedad India de Meteorología, organizan un coloquio sobre Hidrometeorología en la India, que llevará más particularmente sobre la previsión y anuncio de las crecidas. Las cuestiones siguientes serán propuestas: Estudio de las perturbaciones

atmosféricas y crecidas tempestuosas, previsión y anuncio de las crecidas, instrumentos hidrológicos e hidrometeorológicos, estudios sobre el radar de las inundaciones catastróficas, evaporación, infiltración y humedad del suelo.

#### CONFERENCIA IBEROAMERICANA PARA EL ESTUDIO DE LAS REGIONES ARIDAS

La conferencia científica sobre las regiones áridas de Iberoamérica, organizada conjuntamente por la UNESCO y las autoridades argentinas, ha tenido lugar en Buenos Aires del 16 al 21 de septiembre de 1963. Quinientos setenta delegados de varios países de Iberoamérica y otros, así como representación de organizaciones internacionales, tomaron parte en esta conferencia. El objeto de la conferencia fue estudiar y definir los problemas de aridez que se presentan en Iberoamérica, así como de ampliar las investigaciones y la formación personal en este dominio.

Las cuestiones tratadas que conviene citarlas principalmente son: los criterios que permiten definir la aridez; la evapo-transpiración en las regiones áridas; los problemas meteorológicos; la geomorfología de las zonas áridas y los problemas de erosión; los problemas hidrológicos y de utilización de aguas subterráneas; de desmineralización del agua; utilización industrial de las plantas del desierto. Los resultados obtenidos para la conferencia hacen citar la decisión de crear un Consejo Latinoamericano para el estudio y coordinación de las investigaciones de las regiones áridas. La conferencia recomienda que la UNESCO patrocine oficialmente este proyecto y le preste ayuda apropiada.

#### EL ESTUDIO DE KUROSHIO

La Comisión Oceanográfica Intergubernamental, que se debe reunir en junio de 1964 en el edificio de la UNESCO, de París, propone la realización de un estudio común de Kuroshio. Este proyecto de estudio es patrocinado por un grupo de expertos de los siguientes países: República de China, República de Corea, Estados Unidos, Hong Kong, Japón, Filipinas, URSS y República del Viet-Nam. Estos expertos fueron convocados en Tokyo por el Gobierno japonés, la UNESCO y la Comisión Oceanográfica Internacional; seis o siete naciones enviaron navíos de investigación para trabajar cada año, a partir de 1965, en estudios simultáneos de una duración de treinta a cuarenta y cinco días.

Las aguas sombrías del Kuroshio son objeto de numerosas investigaciones en las proximidades del Japón. Más al Sur son mucho peor conocidas, y se ignora en particular las variaciones cíclicas a los períodos de varios años.

El origen de Kuroshio se sitúa en la región del Pacífico (10 grados al Norte, aproximadamente); en la corriente norte-ecuatorial se escinde, una de sus partes forma la contracorriente ecuatorial, la otra se dirige al Norte, formando el Kuroshio. Este último recorre, al oeste del Pacífico, de la costa oriental de las Filipinas a la costa oriental del Japón; cree que puede alcanzar cuatro nudos y llegarse a la costa occidental de América del Norte. Su anchura, a lo largo del Japón, va de 50 a 100 kilómetros.

Según las observaciones, el caudal y trayecto de la corriente sufren variaciones considerables. Estos serán los objetivos del estudio en común, que determinará el ritmo de estas variaciones, que puede influir notablemente en el clima de Extremo Oriente. Por otra parte, las variaciones de Kuroshio afectan las pesquerías, donde la importancia es muy grande para todas las poblaciones costeras.

#### «BIBLIOGRAFIA HIDROLOGICA AFRICANA»

La UNESCO anuncia la publicación por J. Rodier de una «Bibliografía hidrológica africana». El autor, coordinador de la red de correspondientes de la Comisión de Cooperación Técnica del África para Hidrología, ha constituido una Bibliografía concerniente a las publicaciones consagradas al ciclo de las aguas en África, desde las precipitaciones hasta el mar, hasta las capas subterráneas; la ejecución de aplicaciones prácticas referentes a la hidráulica. Comprende, pues, no solamente los estudios hidrológicos superficiales, sino también otros relativos a precipitaciones, evaporación, infiltración y estudios hidrogeológicos, así como los estudios de la erosión encauzados principalmente hacia el aspecto de transporte de sólidos. En principio, todas las referencias deben ser posteriores a 1930, pero ciertas obras antiguas pueden autorizarse si sus datos no se editaron en publicaciones recientes.

La Bibliografía se divide en seis partes: 1.ª Precipitaciones, datos climatológicos generales. 2.ª Evaporación, estudio lisimétrico, factores climatológicos interesantes de estos fenómenos. 3.ª Escorrentía, reservas hidrológicas, ríos, riberas y lagos. 4.ª Aguas subterráneas, infiltraciones y humedad del suelo. 5.ª Transporte de sólidos. 6.ª Composición de aguas. 7.ª Procedimientos de medidas particulares del continente africano.

#### ASOCIACION INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACION HIDRAULICA

El X Congreso de la Asociación Internacional para la Investigación Hidráulica se reunió en Londres el mes de septiembre de 1963. Treinta y seis naciones participaron en el Congreso. Diversas comunicaciones de interés oceanográfico fueron presentadas, entre las cuales se puede destacar una comunicación de J. M. Caldwell, del «Beach Erosion Board», de Estados Unidos, sobre «Análisis espectral rápido de los trenes de ondas oceánicas»; otra de W. J. Reed y J. B. Wade, del «Hydraulic Research Station», de Wallingford, sobre «Las rompientes de olas de Taranaki (Nueva Zelanda)», «Las medidas en la raya límite de turbulencia de mares», de J. G. Jonsson, del «Coastal Engineering Laboratory», de Dinamarca, y otra sobre las «Medidas de los movimientos de sedimentación por inyección continua de indicadores en un punto», por Russel, Newman y Tomlinson, de la «Hydraulic Station», de Wallingford.

#### SYMPOSIUM SOBRE DINAMICA DE LOS PROCESOS ATMOSFERICOS

Un Symposium Internacional sobre la Dinámica de los procesos atmosféricos a gran escala se ha tenido en Boulder (Colorado), bajo los auspicios de la UGGI, del 3 al 7 de septiembre de 1963. Participaron 130 especialistas, representando a 17 países.

El Symposium empezó sus trabajos procediendo al examen general de la aproximación geostrófica y de la teoría de la adaptación de los campos meteorológicos, así como de las transformaciones de los torbellinos potenciales. También se estimó una nueva manera de abordar el problema de la previsión a bajas latitudes.

Varios investigadores presentaron un análisis profundo de los procesos dinámicos a gran escala de las corrientes de chorro, así como el estudio de la fotogénesis. También se examinó la inestabilidad baroclina en general y la vacilación en las experiencias concernientes a los juicios animados de un movimiento de rotación.

Tres sesiones interesantes se tuvieron sobre los ciclones tropicales. Estas exposiciones presentaron cálculos concernientes a una evolución de torbellinos simétricos húmedos. La aportación del calor latente es evidentemente elemento esencial, pero es al mismo tiempo el origen del problema de la estabilidad numérica, que no son fáciles de resolver. La exposición fue seguida de un cambio de puntos de vista sobre los problemas de la previsión a largo plazo, discusión promovida por una comunicación muy interesante del Dr. Monin.

Fueron examinadas diversas cuestiones referentes a fenómenos de interacción entre el océano y la atmósfera y los movimientos de origen térmico en la mesoesfera. Tres comunicaciones muy interesantes de una gran importancia fueron presentadas, describiendo resultados obtenidos con la ayuda de un simulador electrónico de la circulación general.

En la última jornada se expusieron comunicaciones sobre la evolución baroclina y cómo sube el bloqueo y recalentamiento de la estratosfera, en un nuevo examen de las teorías de mareas atmosféricas. Las exposiciones sobre la elaboración de sistemas de cálculo a utilizar en los modelos de previsión fueron presentadas durante el Symposium.

## REUNION INTERGUBERNAMENTAL SOBRE SISMOLOGIA E INGENIERIA ANTISISMICA

### INTRODUCCIÓN

La Conferencia General de la UNESCO, en su 12.<sup>a</sup> reunión, aprobó una resolución autorizando al Director general de la UNESCO a convocar una reunión intergubernamental sobre sismología, para definir y decidir una acción concertada para el mejoramiento de redes de estaciones sismológicas y sistemas de alarma, a fin de conocer mejor las causas de los terremotos y lograr una protección antisísmica más eficaz.

Una reunión preparatoria celebrada en la Casa central de la UNESCO del 26 al 28 de marzo de 1963, examinó las actividades llevadas a cabo recientemente por la UNESCO y las organizaciones internacionales no gubernamentales de carácter científico en las esferas de la sismología y de la ingeniería antisísmica, preparó un proyecto de orden del día para la reunión intergubernamental, y recomendó las disposiciones que debía tomar la UNESCO en 1963 para la preparación de esa reunión. Habida cuenta del importante lugar que la ingeniería antisísmica ocupa en este orden del día, el Consejo Ejecutivo de la UNESCO decidió ampliar el alcance de la proyectada reunión internacional y darle el título de Reunión Intergubernamental sobre Sismología e Ingeniería Antisísmica, y celebrarla en París del 21 al 30 de abril de 1966.

### PARTICIPACIÓN

Estuvieron representados por delegados en esta reunión los siguientes Estados miembros de la UNESCO: República Federal de Alemania, Argentina, Austria, Bélgica, Bulgaria, Canadá, Chile, Congo (Leopoldville), Cuba, Checoslovaquia, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Finlandia, Líbano, Marruecos, Mónaco, Noruega, Países Bajos, Perú, Polonia, Reino Unido, República Árabe Unida, República Dominicana, Suecia, Tailandia, Tanyuka, Turquía, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y Yugoslavia.

Asistieron a la reunión representantes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, la Organización Meteorológica y el Organismo Internacional de Energía Atómica y observadores de las siguientes organizaciones internacionales no gubernamentales: Consejo Internacional de Uniones Científicas, Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, Unión Internacional de Ciencias Geológicas, Unión Internacional de Arquitectos, Asociación Internacional

de Sismología y Física del Interior de la Tierra, Asociación Internacional de Ingeniería Antisísmica y Federación de Servicios Astronómicos y Geofísicos.

## I. OBSERVACIONES Y DATOS SISMOLÓGICOS

### 1. Observaciones sismológicas. Redes mundiales homogéneas de observatorios.

Teniendo en cuenta el informe del Comité del ISS y el informe de las cuatro misiones de encuesta sismológica (UNESCO), acepta la definición siguiente de *estación telesísmica*, «estación provista de instrumentos, generalmente de períodos naturales cortos y largos, capaces de detectar sismos a una distancia de más de 1.000 kilómetros».

1) Reconoce que para el estudio de numerosos problemas de sismología es necesario disponer de estaciones de esa índole repartidas uniformemente por toda la tierra.

2) Formula a la UNESCO y a los Estados miembros las recomendaciones siguientes:

a) Que, además de las estaciones telesísmicas ya instaladas o en construcción, se instalen otras lo antes posible en las siguientes regiones: 1. Norte de la isla de Borneo. 2. Adak (islas Aleutianas). 3. White Horse (Canadá). 4. Paraguay o una región vecina del Brasil, Argentina o Uruguay. 5. Tahití. 6. Región de Agadir (Marruecos). 6. Región de Gafsa (Africa del Norte). 3. Acera (Ghana). 9. Valle del Alto Nilo.

b) Que se estudie la posibilidad de instalar estaciones en las regiones siguientes: 1. Tailandia Meridional. 2. Región central de América del Sur. 3. Atlántico Meridional (Islas de Tristán de Cunha, Sta. Elena, o de la Ascensión). 4. Parte meridional de la península árabe. 5. Islas Chagos.

c) Que se examine la posibilidad de instalar estaciones suplementarias en islas situadas en las principales regiones oceánicas; y que se prosiga activamente el estudio de los problemas técnicos que plantean la instalación y el funcionamiento de estaciones en el fondo del océano.

d) Que se equipe con nuevos aparatos las estaciones de Medan (Indonesia) y Entebbe (Uganda) y que se instalen en otro lugar y se reequipen las estaciones de Spitzberg y de Tananarive (Madagascar).

### 2. Observaciones y datos sismológicos.—Redes regionales y centros regionales.

Teniendo en cuenta la gran importancia que tendrían los centros sismológicos regionales para la transmisión de datos sismológicos y para las investigaciones sismológicas en general.

Teniendo en cuenta, además, que el establecimiento de un sistema mundial de centros sismológicos regionales planteará nuevos problemas prácticos, decide:

1) Que se establezcan lo antes posible tales centros sismológicos regionales en las regiones donde no haya centros sismológicos nacionales que desempeñen las funciones de centro regional.

2) Que los centros sismológicos regionales deberían organizarse con la cooperación de las organizaciones sismológicas nacionales más desarrolladas y competentes de cada país; que se determinen oportunamente los límites geográficos de cada región y el emplazamiento de los centros regionales de común acuerdo entre los países interesados, teniendo debidamente en cuenta los intereses nacionales; que para lograr ese acuerdo se invite a la UNESCO a que conceda ayuda económica y técnica para la organización de reuniones regionales de sismología en las diferentes regiones del mundo, y en primer término en el Oriente Cercano y Medio, Asia Sudoriental, Africa, y la región de América Latina y del Caribe.



3) Que las funciones básicas de un centro sismológico regional deben ser: *a)* efectuar el enlace entre las diferentes estaciones sismológicas de la región y los centros sismológicos internacionales; *b)* calcular y publicar las coordenadas focales, el momento inicial y la magnitud de los terremotos, que resulta más conveniente estudiar en el centro regional que en los centros internacionales; publicar catálogos regionales, que contengan sobre todo observaciones macrosísmicas; *c)* conservar ejemplares de las observaciones hechas en estaciones de la región; *d)* favorecer toda clase de estudios sismológicos en la región y ayudar a su realización.

4) Que la creación de centros regionales no debe menoscabar las relaciones existentes entre las organizaciones sismológicas nacionales e internacionales sino que, por el contrario, esos centros deben tener por misión reforzar esas relaciones.

5) Que deben tomarse las disposiciones necesarias para que el Comité del ISS estudie todas las propuestas relativas a la creación y funcionamiento de los centros regionales, a fin de conseguir una buena cooperación entre ellos y los centros internacionales existentes.

6) Que, por lo que se refiere a África, deberían realizarse negociaciones por conducto de la Comisión de Investigación Científica y Técnica de la Organización de la Unidad Africana.

7) Que debe adelantarse por todos los medios dondequiera que sea necesario, la creación de redes nacionales; que los centros regionales se esfuercen por establecer una cooperación regional entre esas redes nacionales a medida que fueran creándose.

### 3. Normalización de sismógrafos y de sismogramas.

Considera que tanto el informe del Comité de la AISFIT sobre la normalización de sismógrafos y sismogramas, como el de las misiones de encuesta sismológica (UNESCO) son sumamente importantes.

Recomendaciones: 1) Que el equipo y el material necesario para todas las estaciones de la red internacional se seleccionen de la lista compilada por el Comité de la AISFIT: *a)* que en lo posible las estaciones regionales cuenten con sismógrafos de periodo corto de tres componentes; *b)* que las estaciones telesísmicas cuenten, por lo menos con un sismógrafo vertical de periodo corto —como los del apartado *a)*— con la mayor amplificación posible, y con un juego de instrumentos de periodo largo de tres componentes.

2) Que todos los aparatos de la red sismológica mundial se calibren por lo menos una vez al año. Se recomienda que se registre diariamente el impulso de la calibración.

3) Que se haga un intercambio de los instrumentos Kirnos y Press-Ewing, utilizados respectivamente por las redes normalizadas de la URSS y de los Estados Unidos, entre las redes de dichos países y otros servicios nacionales interesados.

4) Que las copias en microfilms de los sismogramas lleven una imagen de 30 × 90 mm. en película de 35 mm., que, en la mayoría de los casos, representa una reducción de 10:1 de los registros normalizados sobre papel.

5) Que se incluya en cada registro una señal-horaria por radio, además de los datos consignados en el informe de la AISFIT.

### 4. Práctica y procedimientos de los observatorios.

1) El Manual Práctico Internacional de los Observatorios Sismológicos, cuya redacción se propone, debería terminarse lo antes posible, y debería contener todos los detalles prácticos necesarios para garantizar que los instrumentos estén instalados y funcionen con arreglo a las normas mundiales. El manuscrito de dicho Manual debería someterse al Presidente de la AISFIT, quien, después de obtener la aprobación general de los centros sis-

mológicos nacionales, lo transmitiría a la UNESCO para que el proyecto redactado en inglés se tradujera al árabe, francés, ruso o español y, eventualmente, a otras lenguas.

### 5. Centros internacionales y comunicación de datos.

1) Ante el gran aumento del número de datos sismológicos disponibles, comprendiendo la necesidad de un tratamiento rápido de esos datos para las investigaciones sismológicas y los estudios sobre la sismicidad de la tierra, y reconociendo el mejoramiento que se ha conseguido con las nuevas técnicas de tratamiento de datos, Toma nota con satisfacción del establecimiento, por un período de ensayo de tres años, del Centro Sismológico Internacional de Edimburgo, que experimentará y preparará nuevos métodos para la rápida determinación de los epicentros y de las soluciones P-NODALES, acopiará a título de ensayo sismogramas del mundo entero sobre microfilm, y dará facilidades para la colaboración de sismólogos invitados.

Toma nota de que la UIGG y la AISFIT ha encargado al Comité del ISS la supervisión del Centro, y pide que este Comité se reúna lo más pronto posible para examinar los problemas técnicos que plantea el funcionamiento del Centro.

Previendo el éxito de los trabajos del Centro, pide a la AISFIT: *i)* que estudie la manera de que pueda contratar a su personal en diversos países; *ii)* que precise más su condición internacional; y *iii)* que defina, en consulta con las organizaciones nacionales, los estatutos que reglamentarán su funcionamiento permanente.

Invita, además, a la UNESCO y a la AISFIT a que estudien conjuntamente la manera de conseguir el financiamiento permanente del Centro, y pide a los Estados miembros que presten ayuda a esas organizaciones en ese esfuerzo.

2) Reconociendo la importante y constante labor que realiza desde largo tiempo el Bureau de la AISFIT, expresa el deseo de que la actividad de ese Bureau prosiga sin interrupción, e invita a las organizaciones nacionales e internacionales que sigan prestándole apoyo.

### 6. Refuerzo de las redes nacionales.

1) Señala a la atención de los Gobiernos de los países interesados las recomendaciones precisas que formularon las misiones de encuestas sismológicas de la UNESCO, y más particularmente las que se refieren al mejoramiento de las redes de observatorios.

2) Reconociendo la utilidad de las redes nacionales en todos los aspectos de la investigación sismológica, encarece a los Gobiernos de los Estados miembros la importancia de reforzar sus redes nacionales.

3) Recomienda a los Estados miembros que utilicen las posibilidades de cooperación internacional que les ofrece el Programa Ampliado de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas para mejorar sus redes de observatorios sismológicos.

### 7. Estaciones sismológicas complejas y técnicas de análisis de datos.

Tomando nota de los informes sobre los experimentos relativos a las estaciones sismológicas complejas, se felicita de la aplicación con carácter experimental a la sismología de las técnicas modernas de recepción de señales y de análisis de datos, espera con interés la publicación de los resultados de esos experimentos, y reconoce que esos resultados pueden influir en la instalación futura de redes homogéneas.

## II. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS SÍSMICAS

### 8. Escalas de intensidades macrosísmicas.

Es muy conveniente que se adopte una escala internacional de intensidad de los terremotos. Se recomienda que mientras se terminan los estudios relativos a esta cuestión, se utilice la escala de 12 unidades «Mercalli revisada» con la clasificación aclaratoria y las modificaciones propuestas por los Sres. Medvedev, Sponheuer y Karnik, a reserva de las numerosas incertidumbres que subsisten en la correlación de ciertos valores numéricos de aceleración, velocidad o movimiento del suelo con los grados de intensidad.

Se recomienda que el Comité formado por la Asociación Internacional de Sismología para estudiar la escala de intensidad de los terremotos, se amplíe para que puedan formar parte de él ingenieros nombrados previa consulta con la Asociación Internacional de Ingeniería Antisísmica.

Se sugiere que se pida a la Comisión sobre escalas de intensidades, que compare la escala propuesta con todas las que ya existen y que trate de establecer un método para hacer la correlación entre ellas.

### 9. Mapas sísmicas y sismotectónicos.

A fin de aplicar adecuadamente las normas y reglamentos para la construcción antisísmica, deberían prepararse mapas de las zonas de sismicidad en todos los países expuestos a terremotos.

Para la preparación de los mapas de zonas de sismicidad debería recopilarse la siguiente información básica:

- a) Catálogos de terremotos.
- b) Mapas de epicentros.
- c) Mapas de la intensidad máxima percibida.
- d) Mapas sismotectónicos.

También deberá utilizarse en la preparación de los mapas sísmicos y sismotectónicos, y de los mapas de zonas sísmicas, la magnitud y la profundidad de los focos de los terremotos. Para ello se requiere una escala unificada de magnitudes para su aplicación en todo el mundo, problema que deberá transmitirse para su estudio al Comité de Magnitudes de la AISFIT. Este Comité deberá proceder a la verificación de la escala de intensidad macrosísmica que se propone.

Se sugiere que para la preparación de los mapas sismotectónicos convendría contar con la colaboración del Subcomité de Mapas Tectónicos Mundiales de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas.

No se ha establecido ningún método determinado para la elaboración de los mapas sismotectónicos. No obstante, debería distribuirse con la ayuda de la UNESCO y de la AISFIT todas las publicaciones y documentos técnicos pertinentes aparecidos en los diversos países y que puedan facilitar la preparación de dichos mapas.

### 10. Mapas de zonas sísmicas.

Puede considerarse como un objetivo general la preparación de un mapa de las zonas sísmicas del mundo entero. Para la compilación de este mapa convendría proceder por etapas, del modo siguiente: a) Todos los países deberán reunir toda clase de datos sísmicos, tectónicos y datos conexos según las condiciones locales, y preparar mapas tan deta-

llados (es decir, en los que figuren tantas zonas) como sea conveniente. Deberán incluir una definición adecuada de cada zona y la descripción del método utilizado para su compilación. b) En cada región determinada, los países comprendidos en ella procederán a la compilación de mapas de zonas sísmicas; de la coordinación se encargarán los Centros regionales, si los hay. c) Como última fase, se emprenderá la compilación de un mapa mundial de las zonas sísmicas. Simultáneamente con la realización de este proyecto, cada país deberá realizar los estudios e investigaciones especiales a fin de resolver los problemas sobre esta cuestión. Las autoridades de los países respectivos deberán tener en cuenta estos mapas de las zonas sísmicas en el diseño y construcción de estructuras antisísmicas y prestar ayuda para la preparación de estos mapas, así como mantenerlos al día. Se recomienda que en el momento oportuno se reconozca el mapa de las zonas sísmicas para uso oficial en cada país.

### 11. Mapas locales de zonas sísmicas.

Se propone que se exhorte a los países que se encuentran en regiones sísmicas a que traten de preparar mapas locales de zonas sísmicas (mapas de las zonas del subsuelo) que puedan ser útiles para los ingenieros de la construcción al calcular las fuerzas sísmicas, para su utilización en el diseño y construcción de estructuras antisísmicas. Se recomienda la preparación de microzonas sísmicas basándose en observaciones sísmicas efectuadas con instrumentos y teniendo en cuenta los datos suministrados por la ingeniería y la geología. Se pide que la UNESCO, con la cooperación de la AISFIT, proporcione la ayuda necesaria para la ejecución de estos programas y la distribución de los documentos pertinentes que puedan servir como ejemplo.

### 12. Importancia de los estudios estadísticos.

Conviene subrayar la importancia de los estudios estadísticos y se recomienda que se fomenten y prosigan activamente los estudios estadísticos de los terremotos que traten principalmente sobre los aspectos siguientes: energía y tensión producidas, frecuencia y probabilidad de los terremotos, evaluación del riesgo sísmico, atenuación de la intensidad y trabajos de investigación sobre la determinación de la intensidad y sobre la utilización de métodos estadísticos para evaluar los estudios micro y macrosísmicos, etc...

### 13. Estudios económicos y sociales.

Reconociendo que la aplicación de las diferentes normas para la construcción de edificios sismorresistentes en distintas regiones debe ir precedida de un adecuado estudio de los factores económicos y sociales que entran en juego, se recomienda que la UNESCO, en colaboración con otras organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, haga un estudio de las consecuencias económicas y sociales de la delimitación de las zonas sísmicas.

### 14. Investigaciones sobre las posibilidades de precisión de los sismos.

Teniendo en cuenta la propuesta de la Delegación de Polonia, titulada «Sugestión relativa a un programa interdisciplinario de investigaciones acerca de las posibilidades de predecir los terremotos», se recomienda vivamente que se efectúen los estudios especiales indicados en dicha propuesta. Observando que en algunas regiones del mundo están bastante adelantados los estudios especiales de este tipo, se sugiere que se favorezca esa clase de estudios. Además, se recomienda que la AISFIT explore las posibilidades de llevar a cabo estos estudios a escala internacional, y que con ese fin se seleccionen aquellas regiones que ofrezcan mejores perspectivas.

15. *Creación de un Grupo de Trabajo sobre sismicidad y sismotectónica.*

Se recomienda a la UNESCO que cree, previa consulta con la Asociación Internacional de Sismología, la Asociación Internacional de Ingeniería Antisísmica y la Unión de Ciencias Geológicas, un Grupo de Trabajo para estudiar detenidamente todos los datos disponibles sobre sismicidad, sismotectónica y delimitación de las zonas sísmicas, a fin de preparar un programa a largo plazo y proponer un plan apropiado de organización a escala internacional para realizar en lo futuro dicho programa.

El Grupo de Trabajo debería someter a la UNESCO su primer informe dentro del plazo de dos años. Se pide a la UNESCO que organice la reunión de dicho Grupo de Trabajo en 1965.

### III. INGENIERÍA ANTISÍSMICA

16. *Medida de los movimientos del suelo y de las vibraciones estructurales causadas por fuertes terremotos.*

1. Se aprueba el informe preparado por el Grupo de Trabajo de la UNESCO sobre la medida de los movimientos sísmicos de gran intensidad.

2. Se reconoce que es necesario aumentar el número y mejorar la distribución de los acelerógrafos y sismoscopios para movimientos sísmicos de gran intensidad, instalados tanto en edificios como en otras construcciones en las diversas formaciones de suelo y rocas.

3. Se recomienda que la UNESCO coopere en la adquisición e instalación de acelerógrafos y sismoscopios para medir movimientos sísmicos de gran intensidad.

4. Se recomienda a la UNESCO que preste ayuda en forma tan completa como sea posible y de manera continua, a la compilación de datos sobre las características técnicas de los instrumentos existentes para medir los movimientos sísmicos de gran intensidad.

5. Se sugiere que la UNESCO preste ayuda para llevar a cabo un programa de investigaciones que tenga por objeto mejorar las técnicas de medición de los movimientos intensos del suelo, y cuyas líneas generales podrían ser las siguientes:

a) Mejorar los acelerógrafos para aumentar la exactitud de los cálculos de respuesta, así como del registro de la velocidad y del desplazamiento combinados.

b) La creación de nuevos tipos de instrumentos, tales como aparatos para medir la tensión y aparatos para los desplazamientos de período largo. Debería estudiarse más a fondo la transportabilidad de algunos aparatos, a fin de poder investigar las condiciones locales después de sismos de gran intensidad.

c) Estudios del emplazamiento óptimo de los acelerógrafos y sismoscopios para movimientos sísmicos de gran intensidad, habida cuenta de los elementos variables, como el suelo, la roca de los cimientos, el tipo de construcción, etc.

d) Estudios que tengan por objeto aumentar las posibilidades de utilización de acelerógrafos y sismoscopios para movimientos sísmicos de gran intensidad, para el estudio de problemas más amplios de importancia para la sismología y la dinámica de los suelos.

6. Se recomienda que todos los países situados en las regiones sísmicamente activas del mundo instalen un número adecuado de acelerógrafos para medir movimientos sísmicos de gran intensidad de la precisión necesaria, en suelos de diferentes características y en edificios y construcciones, de conformidad con las recomendaciones de las Misiones de Encuesta Sismológica de la UNESCO. Además, deberían establecerse centros apropiados para la compilación y difusión de los datos sismológicos obtenidos con esos instrumentos para su empleo en ingeniería, mediante la cooperación entre los diferentes países. Se pide

a la UNESCO que estudie las posibilidades de prestar la ayuda adecuada para llevar a cabo este proyecto.

17. *Constitución en la UNESCO de un Grupo de Trabajo sobre Ingeniería Antisísmica.*

Se recomienda que se cree un Comité Asesor Permanente para prestar ayuda a los funcionarios competentes de la UNESCO en investigaciones concretas en materia de ingeniería antisísmica y para la selección de los expertos asesores. Ese Comité deberá trabajar en consulta con las organizaciones internacionales competentes. Como ejemplo del volumen de actividad que puede calcularse en materia de ingeniería antisísmica y temas conexos, puede sugerirse que la Junta Asesora esté compuesta de diversas personas que se reúnan a intervalos adecuados.

18. *Estudios microsísmicos.*

Se recomienda que sismólogos e ingenieros especialistas en cuestiones antisísmicas estudien el problema de la correlación entre los efectos locales de los microsismos y pequeños temblores de tierra con los efectos de los grandes sismos. Teniendo en cuenta que hay más posibilidades de estudio de los pequeños terremotos, tal correlación facilitará mucho la adquisición de conocimientos aplicables en ingeniería.

19. *Normas y reglamentos para el diseño y la construcción de edificios antisísmicos.*

1. Se aprueba el documento, preparado por el Grupo de Trabajo sobre los principios de la Arquitectura Antisísmica (UNESCO).

2. Señala a la atención de la UNESCO la importancia de un plan detallado de urbanismo y ordenación en las zonas sísmicas, y le sugiere que se patrocinen futuros estudios sobre ese tema.

3. Destaca la importancia de una estrecha cooperación entre arquitectos e ingenieros especialistas en lo que se refiere al diseño de construcciones antisísmicas. Se sugiere que esa cooperación se inicie en las primeras etapas de la formación profesional de arquitectos e ingenieros.

4. Señala a la atención de la UNESCO el importante papel que corresponde en todo el problema del diseño de edificios antisísmicos a los funcionarios públicos que se ocupan de la reglamentación de las construcciones y de su aplicación. Sería conveniente que el personal no técnico pudiese disponer de una información pertinente sobre el diseño de construcciones antisísmicas presentada en forma sencilla.

5. Se recomienda que todos los países que se encuentran en regiones sísmicamente activas del globo, posean o establezcan normas y reglamentos oficiales para el diseño y edificación antisísmicos de inmuebles y otras construcciones y que velen por la aplicación de tales normas y reglamentos mediante una inspección y supervisión adecuadas.

Para formular las normas y reglamentos pertinentes, todos los países deben cooperar y prestarse ayuda, con la asistencia adecuada de la UNESCO.

6. Se recomienda que todos los países que se encuentran en regiones sísmicas lleven a cabo estudios para perfeccionar los detalles de las normas y reglamentos relativos al diseño antisísmico, basándose en las características locales de diseño y de construcción.

7. Se señala a la atención de la UNESCO la necesidad de llevar a cabo un programa más amplio de investigaciones sobre las características dinámicas de las construcciones y de otras obras de ingeniería. Ese tema podría constituir la base de una investigación en los centros internacionales o nacionales existentes, a cuya tarea podría cooperar la UNESCO colaborando en la información y difundiéndola.

#### 20. *Viviendas en las zonas sísmicas.*

1. Se recomienda a la UNESCO que se instituya un grupo de trabajo sobre diseño y construcción de edificios antisísmicos que se encargue de preparar proyectos de recomendación sobre el empleo de los materiales locales de edificación y sobre la forma de llevar a la práctica las medidas antisísmicas en la construcción de viviendas. Se recomienda que cada país, basándose en el estudio de esas recomendaciones prepare los reglamentos pertinentes, teniendo en cuenta las características de los materiales locales y los métodos de edificación del país interesado.

2. Con el fin de reducir al mínimo las pérdidas de vidas humanas y los daños materiales en los futuros terremotos de gran intensidad, se recomienda que se evalúe la capacidad de resistencia antisísmica de las viviendas y otras construcciones existentes en los países donde se registra actividad sísmica, y que se adopten medidas apropiadas para mejorar la situación cuando se adopten las medidas apropiadas para mejorar la situación cuando así lo requieran los resultados de la investigación. Además, debe procederse por anticipado a su planteamiento adecuado, para los casos de hundimiento de edificios y construcciones, de incendios e inundaciones, a fin de hacer frente a las contingencias cuando se produzca un seísmo importante. Se pide a la UNESCO que preste la asistencia y la cooperación adecuadas para la ejecución de este programa.

3. A fin de disminuir en todo lo posible las pérdidas materiales, se recomienda que la UNESCO, las demás organizaciones del sistema de las Naciones Unidas, o todas ellas, patrocinen el estudio de los métodos adecuados y eficaces para la reparación y consolidación de las construcciones que hayan sufrido daños como consecuencia de sismos violentos.

#### IV. LOS MAREMOTOS (TSUNAMIS): ALARMA Y PROTECCIÓN

##### 21. *Sistemas de alarma contra los maremotos.*

1) Se acoge con agrado las iniciativas de los Estados Miembros, el Japón y la URSS, con vistas a organizar el intercambio de alarmas en caso de tsunamis.

2) Que los sistemas regionales de alarma establecidos actualmente en la región del Pacífico por los Estados Unidos, el Japón y las URSS, así como los otros sistemas locales, y los medios de comunicación que existen entre los diferentes sistemas, sean considerados como núcleos de un sistema internacional de alarma en caso de tsunamis en el Pacífico.

3) Que la UNESCO ayude a desarrollar y perfeccionar los sistemas actuales de alarma en caso de tsunamis, y apoye la creación de nuevas estaciones de alarma y el perfeccionamiento de sus instrumentos.

4) Que la UNESCO invite a los Estados Miembros a que preparen y le presenten propuestas relativas a la creación de un dispositivo internacional de coordinación destinado a asegurar el funcionamiento efectivo de un sistema internacional de alarma en la región del Pacífico.

5) Que la UNESCO fomente la investigación sobre las necesidades de los sistemas de tsunamis en otras regiones oceánicas.

6) Que la UNESCO se dirija a los Estados Miembros interesados en la alerta en caso de tsunamis, invitándoles a que fomenten el desarrollo y el mejoramiento de todos los medios posibles de comunicación para la alarma en caso de tsunamis, y que, teniendo presente esta finalidad, intercambien información sobre la frecuencia y la potencia de las emisoras que participan en la transmisión de alertas en caso de tsunamis.

7) Que la UNESCO se dirija a los Gobiernos de los Estados Miembros interesados,

instándolos a fomentar por todos los medios el desarrollo de la investigación sobre las causas, la índole y los efectos de los tsunamis, y a comunicarse los resultados de tales investigaciones que puedan contribuir a mejorar la previsión de los tsunamis y a establecer las medidas de protección adecuadas.

8) Que la UNESCO encargue a los Gobiernos de sus Estados Miembros interesados a que preparen planes de evacuación de las poblaciones de las regiones afectadas.

9) Que la UNESCO, en colaboración con los Gobiernos interesados y previa consulta con la UICG, prepare un folleto y una película sobre las cuestiones fundamentales relativas a los tsunamis, para informar la población acerca de las señales más elementales de la proximidad de un tsunami y de las precauciones necesarias en caso de la aparición de tales signos.

##### 22. *Medidas de protección contra los maremotos.*

Que la UNESCO fomente las investigaciones científicas sobre dispositivos de ingeniería tales como rompeolas, malecones, zanjas, etc., para la protección adecuada contra los efectos destructivos de los tsunamis, y estimule a los Gobiernos para que construyan tales elementos de protección allí donde sea posible.

#### V. ESTUDIOS DE LOS TERREMOTOS SOBRE EL TERRENO

23. Reconociendo la necesidad de que se estudien científicamente las causas y los efectos de los terremotos importantes inmediatamente después de haberse producido, recomienda:

A) Que la UNESCO tome las disposiciones necesarias para que la Secretaría pueda organizar y enviar misiones con ese fin.

B) Que se organicen dos tipos de misión, que serán internacionales en la medida de lo posible, que se denominarán respectivamente «Misiones de reconocimiento sísmológico» y «Misiones de estudio sísmológico». Las características de estos dos tipos de misión, son las siguientes:

##### *Misiones de reconocimiento sísmológico*

###### 1. *Finalidades.*

1. Se recomienda que las finalidades de las Misiones de reconocimientos sean las siguientes: a) Estudiar las causas y los efectos del terremoto para adquirir nuevos conocimientos científicos al respecto. b) Preparar inmediatamente un informe y formular las recomendaciones para nuevos estudios concretos que se juzguen convenientes. c) Comunicar a la Secretaría de la UNESCO una relación completa de las investigaciones, para que la UNESCO la publique, a reserva de la aprobación del Gobierno del país interesado.

2. Para conseguir esos objetivos, la Misión deberá efectuar lo siguiente:

a) *Sismología.* i) Estudiar la intensidad del terremoto y preparar un mapa isosísmico de toda la región afectada, en el que se indicará la repartición de las intensidades según la escala revisada de Mercalli o según cualquier otra escala de uso corriente. Para ello será necesario examinar los daños sufridos por edificios e instalaciones; localizar los desplazamientos de tierra, las fisuras del terreno, etc., e interrogar a los testigos oculares y a las personas que hayan sentido la sacudida. ii) Instalar un número suficiente de sísmógrafos móviles en las cercanías de la región afectada, para registrar las réplicas y sí-

tuarlas en el tiempo y en el espacio. *iii*) Determinar el epicentro, la profundidad del foco y la magnitud de la sacudida y de sus réplicas. Las estaciones sismográficas situadas fuera de la zona afectada por el sismo registrarán automáticamente datos que habrán de tenerse en cuenta al efectuar esos cálculos. *iv*) Hacer una breve encuesta histórica de la sismicidad de la región afectada.

*b) Técnica de la construcción.* *i*) Obtener información sobre el comportamiento de los edificios y sobre el mecanismo de ruptura de los diferentes tipos de construcciones. *ii*) Examinar los daños sufridos por edificios y otras estructuras, por ejemplo, puentes, vías ferroviarias, carreteras, embalses, instalaciones de drenaje y de abastecimiento de agua, centrales de energía, instalaciones portuarias, etc. *iii*) Evaluar la resistencia de los cimientos y el subsuelo para todo tipo de edificios. *iv*) Instalar acelerógrafos para movimientos sísmicos de gran intensidad, a fin de registrar las réplicas y de relacionar estos registros con las determinaciones de intensidad.

*c) Geología.* *i*) Las relaciones entre los efectos del sismo y las características geológicas de las zonas afectadas. *ii*) Las nuevas fallas formadas y sus desplazamientos, así como los posibles movimientos en fallas más antiguas. *iii*) Las grietas en el terreno, crestas de presión o grietas de tensión. *iv*) Los asentamientos y deformaciones de la superficie del terreno, preocupándose en especial de los depósitos recientes. *v*) Los movimientos del terreno en función de su naturaleza y disposición; derrumbamientos y hundimientos de masas rocosas, deslizamientos del terreno, etc. *vi*) La formación y el cambio de los cursos fluviales y del régimen de manantiales (caudales, temperatura, composición mineral). *vii*) Construir mapas de los subsuelos y de la profundidad de los niveles freáticos. *viii*) Los efectos de los posibles maremotos (tsunamis) en las zonas costeras, así como los cambios que el movimiento sísmico o el maremoto haya introducido en la zona litoral. *ix*) La relación entre los efectos ulteriores del terremoto y el vulcanismo, Formación y cambio del régimen de los volcanes de lodo. *x*) Iniciar lo antes posible mediciones geodésicas y estudios fotogramétricos para determinar los movimientos horizontales y verticales del suelo.

## II. Composición de la misión.

La Misión se compondrá de tres a cinco personas especializadas en sismografía, ingeniería de la construcción y geología, que habrán de procurar encontrarse en el lugar del terremoto, a más tardar setenta y dos horas después de que se haya producido, y estarán dispuestas a pasar de dos a cuatro semanas en la región para estudiar los fenómenos que sólo pueden observarse inmediatamente después de un sismo. La UNESCO deberá designar a un jefe, que velará porque se cumplan todas las recomendaciones.

En caso de requerirse estudios más detenidos, serán efectuados normalmente por una Misión de estudio sismológico.

### Misiones de estudios sismológicos

#### 1. Finalidades.

La Misión de estudios sismológicos tendrá por objeto proseguir y completar, cuando sea necesario, la labor de la Misión de reconocimiento sismológico y emprender los estudios más detallados que esta última pueda recomendar o que se estimen convenientes.

#### 1. Composición de la Misión.

La Misión se compondrá de los expertos en sismología, ingeniería de la construcción y geología que se requieran, pudiendo también incluir a especialistas en las ramas adecua-

das de estas disciplinas. La Misión deberá trabajar en estrecha colaboración con los expertos del país de que se trate. Por lo regular la Misión permanecerá en el terreno de uno a tres meses, según las circunstancias.

#### Organización de las Misiones.

1. *Sede de la UNESCO.*—La organización de las Misiones de reconocimiento sismológico y de las Misiones de estudio sismológico entrañará la creación de un servicio especial en la sede de la UNESCO, que se encargará:

*a*) De determinar si un sismo es o no lo suficientemente importante para justificar el envío de una Misión, a reserva de la aprobación del Gobierno interesado, y, en tal caso, *b*) de organizar la Misión.

A fin de acelerar la acción que deba emprenderse, el servicio funcionará de manera permanente, es decir, veinticuatro horas por día y siete días por semana.

Para que funcione con toda eficacia, se tomarán las siguientes disposiciones:

*a*) Para que pueda recibir información inmediata acerca de todos los terremotos catastróficos (es decir, terremotos que causen muchas víctimas o destrucciones considerables), junto con los terremotos no catastróficos cuya magnitud sea de 7.5 o más. *b*) Para que pueda comunicarla rápidamente al Gobierno del país interesado. *c*) Para que pueda comunicarla rápidamente a los expertos disponibles para misiones de reconocimiento. *d*) Para que pueda adoptar las medidas necesarias para los viajes, obtención de visados, etc.

2. *Comunicaciones.*—Las informaciones sobre los terremotos pueden llegar a la sede de la UNESCO por los conductos siguientes:

*a) Centros sismológicos nacionales e internacionales.*—Se pedirá al United States Coast and Geodetic Survey (Washington), al Instituto de Física Terrestre (Moscú) y a otros centros nacionales e internacionales, que envíen a la sede de la UNESCO, a petición de esta y por los medios de comunicación más rápidos de que dispongan, información sobre las coordenadas del epicentro, hora en que haya ocurrido el sismo, cuya magnitud estimada sea igual o superior a 7.5, y que se haya producido en zonas pobladas, cuando se sepa que ha causado daños importantes.

*b) Representantes locales de las Naciones Unidas y de la UNESCO.*—Se pedirá a los representantes locales de las Naciones Unidas y de la UNESCO (representante residente de la JAT de las Naciones Unidas, jefe de Misión de la Unesco, expertos de la UNESCO, etcétera), que informen inmediatamente a la sede por teléfono o telégrafo, de todo terremoto importante que sobrevenga en el país donde presten sus servicios.

Esos representantes deberán estar en condiciones de consultar con los expertos locales en sismología e ingeniería antisísmica, cuyos nombres les habrá comunicado anteriormente la Secretaría de la UNESCO, previa consulta con la Asociación Internacional de Sismología y con la Asociación Internacional de Ingeniería Antisísmica.

3. *Organización sobre el terreno.*—La Secretaría de la UNESCO o los miembros de las eventuales misiones comunicarán con el Gobierno por conducto del representante residente de las Naciones Unidas o el jefe de Misión de la UNESCO.

Se le podrá pedir que se encarguen de reparar las misiones, entrando en relación con los departamentos oficiales, instituciones científicas y técnicas competentes, y obteniendo material—como mapas topográficos y geológicos, planos de ciudades, estadísticas de población, o normas y reglamentos de construcción, etc.—, que la misión pueda necesitar para sus trabajos. También se les podrá pedir que presten ayuda a las misiones en asuntos tales como transporte local, permisos para entrar en la zona damnificada, gestiones con las aduanas para el material y equipo, etc.

*Generalidades.*—Teniendo presente la necesidad de una acción rápida cuando sobreviene

un terremoto, la UNESCO deberá obtener de los Gobiernos un acuerdo de principio en el sentido de que les interesaría recibir misiones de la UNESCO en caso de que se produjera un terremoto en su país.

La Secretaría de la UNESCO decidirá sobre la oportunidad de ofrecer al Gobierno interesado los servicios de una misión que vaya al lugar del terremoto, según la información recibida de las dos fuentes mencionadas. Por supuesto, ello no excluye la posibilidad de que el propio Gobierno tome la iniciativa de pedir a la UNESCO el envío de misiones de reconocimiento o de estudio.

Para que las misiones puedan llegar al lugar de un terremoto en un plazo de pocos días, es esencial que la Secretaría de la UNESCO tenga a su disposición una lista de expertos calificados dispuestos, en principio, a participar en esas misiones en un plazo muy breve. La Secretaría de la UNESCO deberá consultar a este respecto a los Estados Miembros, a la Asociación Internacional de Sismología y a la Asociación Internacional de Ingeniería Antisísmica.

Habrá de indicarse claramente que el hecho de figurar en la lista de la UNESCO no entrañará obligación alguna para el experto interesado, quien tendrá libertad para aceptar o rehusar una invitación para participar en cualquier misión.

Si bien la Secretaría de la UNESCO puede pedir a algunos expertos que estén prontos para desplazarse apenas se reciban noticias de que ha tenido lugar un terremoto importante, no se enviará ninguna misión sino a petición o con el acuerdo oficial del Gobierno del país interesado.

Sin embargo, los estudios que lleve a cabo la UNESCO no excluyen en forma alguna una acción similar por parte de las instituciones científicas interesadas que actúen por su propia iniciativa.

#### 24. Se recomienda:

a) Que los diversos estudios sobre el terreno en las regiones de intensos terremotos se lleven a cabo teniendo en cuenta el programa recomendado para las misiones de reconocimiento y de estudio de la UNESCO.

b) Que la UNESCO dirija un llamamiento a los Estados Miembros para que las diversas misiones y especialistas enviados por los respectivos países a las regiones sísmicas colaboren estrechamente entre sí y con las misiones de la UNESCO.

c) Que los respectivos países den a conocer los resultados de esos estudios.

### VI. EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

#### 25. Fomento del interés en los países sujetos a terremotos.

Se pide a la UNESCO, a los Estados Miembros y a las Organizaciones Internacionales (IAEE y UIGG), que aviven el interés en los países sujetos a terremotos: Organizando la enseñanza de la sismología y de la ingeniería. Promoviendo reuniones, seminarios y congresos de sismólogos, ingenieros y especialistas en disciplinas conexas, al nivel nacional, regional e internacional: a) Dando a conocer al público los peligros de los terremotos por medio del cine, la radio, la televisión y la prensa, así como la mejor manera de contrarrestarlos. b) Preparando libros, manuales, folletos y fascículos que puedan contribuir a los fines antes mencionados.

#### 25. Servicios internacionales de formación profesional.

Se pide a la UNESCO, a los Estados Miembros y a las Organizaciones Internacionales (IAEE, UIGG) que consoliden los servicios internacionales de formación profesional: a) Prestando un apoyo permanente al pleno desarrollo de las organizaciones existentes, tales como el Instituto Internacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, y las organizaciones nacionales, particularmente en los países en vías de desarrollo. b) Creando centros regionales de formación allí donde puedan ser de utilidad por razones de idioma y otras consideraciones locales. c) Compilando y publicando la información más completa posible sobre la situación actual de las instituciones educativas, tanto en los países sísmicamente activos como en los inactivos, en relación con la educación sobre sismología y la ingeniería antisísmica, y compilando las publicaciones existentes.

#### 27. Intercambio internacional de especialistas y estudiantes.

Se pide a la UNESCO y a los Estados Miembros que organicen y apoyen el intercambio internacional de especialistas y estudiantes, por considerar que ello es tan importante como necesario. Deben intensificarse los esfuerzos para aumentar el número de personas que participan en los programas de intercambio. Con ello se fomentaría entre los especialistas e ingenieros de todo el mundo la comprensión mutua de los problemas actuales en las diversas esferas de la sismología y la ingeniería antisísmica. Además del intercambio de expertos y de estudiantes con fines de enseñanza, de investigación y de formación, deberá acordarse asistencia financiera para que las personas interesadas puedan asistir a conferencias y Congresos internacionales y regionales.

#### 28. Preparación de manuales sobre ingeniería antisísmica.

Se pide a la UNESCO, a los Estados Miembros y a las Organizaciones Internacionales (IAEE, UIGG) que amplíen la cooperación y la ayuda apropiadas para la publicación de libros de texto o manuales sobre ingeniería antisísmica, que traten de los principios de la construcción de edificios y otras estructuras resistentes a los mismos, con fines educativos y de formación. La UNESCO debería contribuir a la ejecución de un programa destinado a incrementar el interés de los ingenieros, sismólogos y funcionarios gubernamentales por la medida de los movimientos sísmicos de gran intensidad, proporcionándoles la información correspondiente. A tal fin podrían publicarse los manuales, folletos, informes, etc., que se estimaran apropiados. Sus autores deberían ser expertos escogidos internacionalmente por la UNESCO. Se pide a la UNESCO que aporte la ayuda financiera necesaria para la compilación y publicación de dichos libros, con la cooperación de las Organizaciones e Institutos competentes.

### CUARTA CONFERENCIA NACIONAL DE CONTROL DE LOS ESTRATOS Y MECÁNICA DE LAS ROCAS

Del 4 al 8 de mayo de 1964 se celebrará en Nueva York la IV Conferencia Internacional de Control de los Estratos y Mecánica de las Rocas, organizada por la Escuela de Minas de la Universidad de Colombia.

Los principales temas a tratar son sobre presiones en las minas y cómo pueden éstas ayudar a la explotación.

## RESERVAS MINERAS

## RESERVA EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE ALMERIA

Por Orden del Ministerio de Industria de 13 de marzo de 1964, por la que se prorroga la reserva a favor del Estado de los yacimientos de plomo en una zona de la Sierra de Gádor, de la provincia de Almería, ampliada a yacimientos de espato fluor, según Orden ministerial del 18 de junio de 1962, la establecida por Orden ministerial de 21 de abril de 1955, en los propios términos que se indicaban en la correspondiente Orden. Esta prórroga entrará en vigor a partir de la fecha del vencimiento de la reserva, expirando a los dos años, salvo el caso de que se prorrogue nuevamente de forma explícita o sea transformada en reserva definitiva.

## RESERVA EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 25 de abril de 1964, se reserva provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que se designa a continuación: Paraje «Acoto», del término municipal de Casar de Cáceres, de la misma provincia, donde se reservaron 40 pertenencias con el nombre de «Cáceres Cuarenta», tomando como punto de partida un mojón de cemento y ladrillos, enlucido, de forma prismática y remate piramidal de unos 35 centímetros de altura, sito en el paraje denominado «Acoto», del término municipal de Casar de Cáceres, a unos 160 m. aproximadamente del ferrocarril de Madrid a la frontera portuguesa, entre los kilómetros 316 y 317. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes: Al vértice geodésico, Peña Rayo, E. 38° 54' N. A la torre principal de la Ermita de Nuestra Señora del Prado, N. 38° 76' O. Al eje de la chimenea de la Caseta del ferrocarril, S. 35° 39' O. Desde el punto de partida, en dirección E., 31° 75' S., y a 200 metros se colocará la 1.ª estaca. De la 1.ª estaca, en dirección S., 31° 75' O., y a 500 metros se colocará la 2.ª estaca. De la 2.ª estaca, en dirección O., 31° 75' N., y a 400 metros se colocará la 3.ª estaca. De la 3.ª estaca, en dirección N., 31° 75' E., y a 1.000 metros se colocará la 4.ª estaca. De la 4.ª estaca, en dirección E., 31° 75' S., y a 400 metros se colocará la 5.ª estaca. De la 5.ª estaca, en dirección S., 31° 75' O., y a 500 metros se vuelve a la 1.ª estaca, quedando así cerrado un rectángulo de 400 x 1.000 metros, con un total de 40 Has. o pertenencias. Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son centesimales. La reserva provisional así establecida no podrá causar limitaciones a los derechos derivados de permisos de investigación solicitados y a las concesiones de explotación derivadas de los citados permisos que se hallasen otorgados o en tramitación. Esta reserva entró en vigor el 13 de mayo, expirando cuando se haya elevado a reserva definitiva.

## RESERVA EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE BARCELONA

Por Orden del Ministerio de Industria de 25 de abril de 1964, por la que se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas que puedan encontrarse en la zona que

se designa a continuación: «Concesión 255-1», en los términos municipales de Brocá y Bagá, de la provincia de Barcelona, de 900 pertenencias. Punto de partida: el vértice topográfico «Jou». Desde el punto de partida, en dirección S., y a 600 metros, se colocará la 1.ª estaca. Desde la 1.ª estaca, en dirección E., y a 4.000 metros, se colocará la 2.ª estaca. Desde la 2.ª estaca, en dirección S., y a 2.000 metros, se colocará la 3.ª estaca. Desde la 3.ª estaca, en dirección O., y a 4.500 metros, se colocará la 4.ª estaca. Desde la 4.ª estaca, en dirección N., y a 2.000 metros, se colocará la 5.ª estaca. Desde la 5.ª estaca, en dirección E., y a 500 metros, se vuelve a la 1.ª estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 900 pertenencias solicitadas. Todos los rumbos se refieren al Norte verdadero y son sexagesimales. La reserva provisional así establecida no podrá causar limitaciones a los derechos derivados de permisos de investigación solicitados y a las concesiones de explotación derivadas de los citados permisos que se hallasen otorgados o en tramitación. Esta reserva entrará en vigor a partir del 13 de mayo, expirando cuando se haya elevado a reserva definitiva.

## RESERVA DE UNA ZONA DE LAS PROVINCIAS DE PONTEVEDRA Y ORENSE

Por Orden del Ministerio de Industria de 20 de mayo de 1964, se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de tántalo, niobio, berilo, molibdeno, cesio, titanio y estaño en dos zonas de las provincias de Pontevedra y Orense. El perímetro queda determinado por los polígonos de vértices geográficos, cuya denominación, coordenadas y cotas se expresan seguidamente, suspendiéndose en las mismas el derecho a solicitar permisos de investigación o concesiones de explotación a que se refiere el artículo 16 de la Ley de Minas, siempre que la sustancia sea de las afectadas por la reserva. Zona Beariz, en las provincias de Pontevedra y Orense. Vértices: 1.º, San Benito: 4º 34' 40"; 42º 35' 50"; 1.104 m. 2.º, Ferreiraña: 4º 27' 10"; 42º 34' 45"; 712 m. 3.º, Castelliño: 4º 31' 30"; 42º 22' 15"; 594 m. 4.º, Puza: 4º 37' 50"; 42º 23' 20"; 1.035 m. 5.º, Mañoas: 4º 41' 40"; 42º 32' 30"; 522 m. 1.º, San Benito: 4º 34' 40"; 42º 35' 50"; 1.014 m. Zona Laza Verín-Villadervos, en la provincia de Orense. Vértices: 1.º, Louredo: 3º 45' 55"; 42º 8' 20"; 1.358 m. 2.º, Monte Mayor: 3º 43' 41"; 54' 30"; 773 m. 3.º, Cabancos: 3º 35' 50"; 41º 55' 5"; 959 m. 4.º, Mairos: 3º 38' 40"; 41º 50' 55"; 1.083 m. 5.º, Soutollo: 3º 47' 55"; 41º 52' 25"; 667 m. 6.º, Baeglos: 3º 50' 25"; 41º 56' 45"; 801 m. 7.º, Talaríño: 3º 53' 20"; 42º 8' 15"; 985 m. 1.º, Louredo: 3º 45' 55"; 42º 8' 20"; 1.358 m. La reserva provisional así establecida no podrá causar limitaciones a los derechos derivados de permisos de investigación solicitados y a las concesiones de explotación derivadas de los citados permisos que se hallasen otorgados o en tramitación. Esta reserva entró en vigor a partir del 20, y expirará a los dos años, salvo que antes de su vencimiento haya sido prorrogada de forma explícita o transformada en reserva definitiva.

## RESERVA PROVISIONAL EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE LERIDA

Por Orden del Ministerio de Industria de 18 de junio de 1964, por la que se reservan provisionalmente a favor del Estado toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en una zona denominada «Concesión 2112», en los términos municipales de Sort y Soriguera, de la provincia de Lérida, con la siguiente delimitación: Punto de partida: el vértice topográfico «Serrat de Vinagres». Desde el punto de partida, en dirección N., y a 750 metros, se colocará la 1.ª estaca. Desde la 1.ª estaca



en dirección O. 30° N., y a 900 metros, se colocará la 2.ª estaca. Desde la 2.ª estaca, en dirección N. 30° E., y a 1.000 metros, se colocará la 3.ª estaca. Desde la 3.ª estaca, en dirección E. 30° S., y a 4.000 metros, se colocará la 4.ª estaca. Desde la 4.ª estaca, en dirección S. 30° O., y a 1.000 metros, se colocará la 5.ª estaca. Desde la 5.ª estaca, en dirección O. 30° N., y a 3.100 metros, se vuelve a la 1.ª estaca, quedando así cerrado el perímetro de las 400 pertenencias solicitadas. Todos los rumbos se refieren al N. verdadero y son sexagesimales.

#### RESERVA EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE CACERES

Por Orden del Ministerio de Industria de 5 de junio de 1964, por la que se reservan provisionalmente a favor del Estado toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, que puedan encontrarse en la zona denominada «Cáceres cuarenta y uno», de la provincia de Cáceres. Paraje «El Bodegón», del término municipal de Alcántara, de la provincia de Cáceres, donde se reservarán 72 pertenencias con el nombre de «Cáceres cuarenta y uno», tomando como punto de partida un mojón hecho de cemento y ladrillo, enlucido, de forma prismática y remate piramidal, de unos 35 centímetros de altura, sito en el paraje denominado «El Bodegón», en la finca del mismo nombre, propiedad de don Constancio Breña Martos, del término municipal de Alcántara. Dicho punto de partida queda fijado por las visuales siguientes: A la chimenea de la casa «El Bodegón», N. 40° 74' O. Al vértice geodésico Lucillos, O. 47° 60' N. A la cúspide de la torre de Acechuche, N. 45° 44' E. Al eje de la chimenea principal de la casa «Las Trescientas», E. 14° 0' S. Al torreón principal del Castillo de Portezuelo, E. 24° 23' N. Desde el punto de partida, en dirección E. 38° 70' S., y a 200 metros, se colocará la 1.ª estaca. Desde la 1.ª estaca, en dirección S. 41° 50' O., y a 700 metros, se colocará la 2.ª estaca. De la 2.ª estaca, en dirección O. 41° 50' N., y a 600 metros, se colocará la 3.ª estaca. De la 3.ª estaca, en dirección N. 41° 50' minutos E. y a 1.200 metros, se colocará la 4.ª estaca. De la 4.ª estaca, en dirección E. 41° 50' S., y a 600 metros, se colocará la 5.ª estaca. De la 5.ª estaca, en dirección S. 41° 50' O., y a 500 metros, se vuelve a la 1.ª estaca, quedando así cerrado un rectángulo de 600 x 1.200 metros, con un total de 72 pertenencias. Todos los rumbos se refieren al N. verdadero y son centesimales.

#### RESERVA PROVISIONAL EN UNA ZONA DE LA PROVINCIA DE LERIDA

Por Orden del Ministerio de Industria de 18 de junio de 1964, se reserva provisionalmente a favor del Estado toda clase de sustancias, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas, en una zona denominada «Concesión 215 L», en la provincia de Lérida, designada a continuación, «Concesión 215 L», en los términos municipales de Sotiguera, Güils y Castellás, de la provincia de Lérida, de 1.500 pertenencias. Punto de partida: el vértice topográfico «Sarrera». Desde el punto de partida en dirección E. 30° S., y a 7.000 metros, se colocará la 1.ª estaca. Desde la 1.ª estaca, en dirección S. 30° O., y a 1.500 metros, se colocará la 2.ª estaca. Desde la 2.ª estaca, en dirección O. 30° N., y a 5.000 metros, se colocará la 3.ª estaca. Desde la 3.ª estaca, en dirección S. 30° O., y a 500 metros, se colocará la 4.ª estaca. Desde la 4.ª estaca, en dirección O. 30° N., y a 2.000 metros, se colocará la 5.ª estaca. Desde la 5.ª estaca, en dirección N. 30° E., y a 2.000 metros, se vuelve al punto de partida, quedando así cerrado el perímetro de las 1.500 pertenencias solicitadas. Todos los rumbos se refieren al N. verdadero y son sexagesimales.

Notas bibliográficas

## CRIADEROS

D. SLUIJK: *Geology and tin-tungsten deposits of the regoufe area, Northern Portugal*. Tesis de la Universidad de Amsterdam, 12 julio de 1963.

La presente tesis contiene los resultados de las investigaciones geológicas ejecutadas por el autor de la región de Regoufe, al norte de Portugal, completados con datos tomados de comunicaciones no publicadas hasta ahora, del reconocimiento geológico realizado en áreas adyacentes por R. B. Kluiving y C. C. Welter.

Desde el punto de vista geológico, el área considerada pertenece al macizo ibérico herciniano, comprendiendo una parte de la zona sinclinal Beira Douro, que se extiende en dirección noroeste-sureste, y una parte de estructura anticlinal al sur de aquélla.

Morfológicamente cabe caracterizar el área como una peniplanicie levantada, profundamente tallada, de la cual apenas se conservan pequeños restos. Pueden distinguirse dos ciclos geomorfológicos.

Geológicamente, el área consta principalmente de sedimentos paleozoicos (¿y más antiguos?) fuertemente plegados, que presentan varios tipos y grados de metamorfismo, en cuanto a las partes menores son ocupadas por granitos hercinianos.

Las rocas sedimentarias pueden dividirse en tres grupos lito-estratigráficos, separados entre sí por importantes discordancias angulares. El más antiguo, o «Grupo dos Xistos das Beiras», es una secuencia preordoviense (Algonco Cambriana) muy gruesa, no fosilífera, compuesta principalmente de una alteración regular y uniforme de rocas pelíticas y psamíticas. Este grupo pertenece a los esquistos de las Beiras, bien conocidos también en otras partes del norte de Portugal.

La segunda unidad, o «Grupo de Quartzitos e Ardósias» (Ordoviense o posiblemente también Gotlandiense), queda separada de los esquistos de las Beiras por una laguna estratigráfica y una discordancia angular. Los afloramientos de este grupo y del terciario limitanse al sinclinal de Deilão que, al paso que corta en dos el complejo de los esquistos de las Beiras, constituye el eje de la zona sinclinal Beira Douro. La formación más antigua del grupo de cuarcitas y areniscas es la formación de cuarcitas, presenta el comienzo de una transgresión marina. La formación segunda es más moderna, la formación de areniscas acusa el cese de la afluencia de clásticos más gruesos, indicando así una sedimentación más apartada de la costa.

El grupo tercero y más moderno, o «Grupo Clástico de Deilão» (probablemente por complemento de edad Estefaniense) está separado del grupo segundo por una laguna estratigráfica muy considerable. Este grupo consiste en que una secuencia predominantemente clástica con importantes fanglomerados, sedimentados de forma discordante sobre estratos más antiguos. Es una secuencia sedimentaria que indica una sedimentación rápida, en la vecindad del lugar de origen de los sedimentos de una topografía accidentada al sur de la vaciadera.

Es aventurada la hipótesis de que el sinclinal comprimido, estrecho y rectilíneo de Beira Douro (que en la región de Regoufe es denominado el sinclinal de Deilão) representa una antigua zona que ha ejercido influencia en la región mucho tiempo antes del desbordamiento definitivo del área. Acredítase, por ejemplo, que esta zona determinó hasta cierto punto tanto el lugar como la forma de vaciarse los elementos del Grupo Clástico de Deilão.

dando origen a un área de topografía accidentada al sur, en las proximidades de este gran vertedero.

Relativamente a la estructura, los complejos sedimentarios del área de Regoufe están fuertemente doblados; tienen una orientación regional media noroeste-sudoeste, acusándose predominantemente una inclinación de 90°. El cruceo es, de modo general, paralelo a la estratificación.

En el norte y en el oeste del área, los esquistos de Beiras denuncian una estructura isoclinal, casi vertical, intensamente plegada. Por otra parte, una parte oriental del área indicada tiene una inclinación pronunciada del eje con rumbo sudeste; permite identificar un sistema de pliegues, que tienen dirección noroeste-sureste.

En el sinclinal de Deilao presenta igualmente una fuerte compresión lateral en la dirección noroeste-sureste y una inclinación notable. Este plegamiento fue acompañado por intensos movimientos diferenciados a lo largo de los planos de fallas longitudinales, incluyendo la falla de empuje de Deilao que separa el corazón del sinclinal del flanco Norte.

Tectónicamente identifican tres fases de plegamiento. Una fase siguiente a la deposición de los esquistos de las Beiras, remonta probablemente a la edad Cambriano Superior (Sardiano?). Una segunda fase, que se data de poco antes de la deposición del Grupo Clástico de Deilao, fue identificada como una fase hercíniana antigua. Una última fase de plegamiento reconocible que también provocó un fuerte plegamiento y fracturación del Grupo Clástico de Deilao, es la fase hercíniana más reciente. Una actividad tectónica posterior limitó a la formación de fallas y a movimientos diferenciales de bloques corticales.

Preséntanse dos clases de granito, ambos granitos intrusivos y magmáticos de edad hercíniana. En primer lugar, en el ángulo suroeste del área representada en el mapa, se ocupa, por el «granito de Coelheira», un granito de dos micas de granulación fina y media, con una pequeña parte de un cuerpo de granito muy grande que se extiende enormemente fuera del área de Regoufe, formando parte de la estructura anticlinal al sur de la zona sinclinal de Beira-Douro. Este cuerpo presenta contactos más o menos concordantes con una esfoliación conforme (señalada por la disposición paralela de los cristales de biotita), mostrando una estrecha conexión espacial con las zonas de metamorfismo plutónico de los esquistos adyacentes de las Beiras. Una intrusión de este cuerpo se relaciona probablemente con la fase de plegamiento hercíniano antiguo. El granito de Coelheira pertenece al grupo más antiguo de granitos hercínianos en el norte de Portugal.

En segundo lugar, se aprecia en el centro del terreno, al sur del sinclinal de Deilao, el «granito de Regoufe», un granito albitico-moscovítico porfiroide de forma de un plutón oval discordante, y con una aureola de contacto en los esquistos de las Beiras ligeramente metamorfizados. La forma de plutón es claramente asimétrica; muéstrase en su hastial un buzamiento muy abrupto para el Este y uno más suave para el Oeste. Es posible que en una subsuperficie al oeste o suroeste del granito de Regoufe exista una importante culminación secundaria del granito. La intrusión será granito posterior a la fase del doblamiento hercíniano más reciente: un análisis estadístico de la tectónica de granito sugiere ciertas relaciones entre la esfoliación (señalada por la disposición paralela de los megacristales de microclino) en el diseño de las diaclasas y la ocurrencia de los filones de cuarzo en el granito por un lado, y una compresión regional hercíniana por otro. El granito de Regoufe pertenece al «granito de Regoufe», un granito albitico-moscovítico porfiroide de forma de un plutón intrusivo de un nivel cortical comparativamente alto y relativamente reciente con respecto al plegamiento regional. Se da por justificada la correlación del plutón de Regoufe como un complejo central de los granitos modernos de Castro Daire (al este del área de Regoufe); puede situarse, respecto a su edad, en el Carbonífero Superior y en el Permiano Inferior.

Se ve que el granito de Regoufe muestra una fuerte afinidad con el tipo normal de granito joven del norte de Portugal, o sea, como un granito biotítico, grueso y porfiroide,

con diferencias evidentes. Algunas son de índole textural, mas en su mayor parte son diferencias de composición, debidas probablemente a alteraciones secundarias en consecuencia de metasomatismos de origen eutéctico durante una importante fase metasomática que se guía a la fase magmática, influyendo en el granito en escala regional. Desempeñan un papel los procesos siguientes: en la moscovitización parcial de la biotita, con la supuesta albitización completa de plagioclasa más antigua y más rica en calcio, en la albitización inicial de microclina, en la moscovitización parcial y caolinización de los feldespatos; y, finalmente, en la formación de apatito y turmalina. Con todas posibilidades estas alteraciones metasomáticas son tan intensas en virtud de tratarse de un gran cuerpo de granito que se extiende en profundidad.

Varios tipos y grados de metamorfismo relacionados con plegamientos e intrusiones de granitos tuvieron influencia sobre las rocas del área de Regoufe. Así, por ejemplo, el metamorfismo orogénico, relacionado con la fase de plegamiento de edad Cambriano Superior (?), que ocurre en escala regional en los esquistos de las Beiras. En aquellos lugares donde sus efectos no fueron perturbados por una actividad metamórfica posterior, o metamorfismo orogénico, presenta cierta uniformidad en un grado bajo (filitas sericiticas, a veces con clorita).

Una segunda fase del metamorfismo plutónico ocurre como consecuencia de las intrusiones de granito de Coelheira. Es característico de esta fase los porfiroblastos, que originan una sucesión regular de zonas de minerales metamórficos paralelos al cuerpo de granitos de Coelheira, que acusan un grado de metamorfismo claramente creciente en dirección del aquel cuerpo. Los minerales característicos, de desarrollo porfiroblástico, son considerados como en dirección del granito, o sea de Norte a Sur: clorita, biotita y estauroilita. Una zona estauroilitica contiene también, casi por todas partes, andalucitas en forma de porfiroblastos muy grandes, que son más modernos que la estauroilita y que posiblemente deben originarse de un mayor incremento de la temperatura en la vecindad del granito en el curso de metamorfismo plutónico. También se dijo, por otra parte, que del granito se origina la silimanita. De modo general parece ser bastante insignificante la afluencia de materias extrañas. Alteraciones retrógradas realizanse durante el decrecimiento de metamorfismo.

Metamorfismo dinámico, como una formación de cloritoide en el núcleo, fuertemente tectonizada del sinclinal de Deilao, es una actividad metamórfica relacionada con la fase de plegamiento hercíniano más reciente.

El metamorfismo de contacto fue causado por los granitos más modernos. La influencia más importante achácase a una aureola de contacto alrededor del granito de Regoufe. Esa aureola está marcada por la corrida de filitas manchadas en los esquistos de las Beiras, que contienen cordierita y biotita como minerales modernos.

La región de Regoufe contiene muchos yacimientos de estaño y de volframio, que genéticamente se relacionan con el granito de Regoufe. Cerca del plutón hay algunas áreas ricas en estos criaderos, siendo la más importante el área de las minas de Rio de Frades. Cada una de estas áreas contienen un número de filones de cuarzo metalíferos, cuyos componentes de interés económico son sobre todo volframita, algunas veces casiterita y raramente scheelita. Los demás componentes son principalmente arsenopirita, pirita, esfalerita y turmalina.

Dentro del granito de Regoufe, pero limitado orientalmente por el plutón, hay un grupo de importantes criaderos. Estos depósitos de las «Minas de Regoufe» fueron estudiados detenidamente. Investigaciones mineralógicas y petrográficas de un gran número de muestras relacionan las edades entre los diferentes minerales y permiten una reconstrucción de génesis de estos criaderos. La fase magmática y la fase deutérica fueron seguidas por la fase de mineralización local. Los criaderos asiéntanse en el cuerpo del granito ya solidificado, en parte por sustitución metasomática en este granito en los lados de fisura que sirvieron de canales de afluencia, y en parte por relleno de los espacios abiertos a lo largo de estas fisuras.

Una fase principal de recrecimiento hipogénico de los filones puede dividirse en tres estadios. El primero comienza con una incrustación de las paredes de los filones (particularmente con casiterita y arsenopirita). El segundo fue introducido por el comienzo de deposición de grandes cantidades de cuarzo que condujeron a la formación de filones de cuarzo más antiguos que constituyen ahora los filones individuales, a las márgenes de los filones compuestos. En cuanto a la composición, distingúense los filones más antiguos de los más modernos para la mayor variedad de los minerales que contienen: cuarzo con mucha arsenopirita, también casiterita, esfalerita y un poco de berilo y volframita. De un tercer estudio resultó la formación de los filones más jóvenes que, cuantitativamente, son de mucha mayor importancia que los antiguos. Constituyen éstos las partes centrales de los filones compuestos, o sea filones individuales, y consisten exclusivamente de cuarzo y volframita.

Probablemente, más o menos o al mismo tiempo de iniciarse la fase principal de relleno hipogénico de los filones, comienza la fase local metasomática de mineralización en la roca granítica encajante. No se inició; esta fase condujo al desenvolvimiento de fajas estrechas de greisen o de granito greisenizado (que a veces contienen casiterita) a lo largo de los filones más antiguos. La greisenización cesó antes del tercer estadio del enriquecimiento de los filones. Después, las alteraciones de la roca encajante se limitan a una cuarcificación, a menudo intensa.

Una fase hipogénica más reciente siguió al enriquecimiento más o menos completo de los filones; caracterizase principalmente por sustituciones metasomáticas e incrustaciones minerales. La fase supergénica incluye los procesos de desagregación de las rocas próximas a la superficie.

A base de un número limitado de muestras procedentes de varias localidades situadas, tanto dentro como fuera del plutón granítico de Regoufe, fué hecho un estudio de variación de las composiciones de volframita, así como del contenido de los elementos investigados: volframita, casiterita y scheelita.

## FÍSICA

DUBOIS, FRÉDÉRIC: *Betons de protection*. «CEA.—Bibliographie», núm. 40, 1963.

Se recopila en esta información bibliográfica, el máximo de referencias de obras que tratan particularmente de la tecnología de los hormigones, considerada desde el punto de vista de su utilización en la industria atómica. Se clasifican por años y en cada año por orden alfabético de autores, las referencias relativas a los hormigones pesados clásicos y especiales de diferentes densidades, a los hormigones resistentes a la temperatura, al hormigón previbrado, etc. Ciertas referencias tratan de propiedades nucleares de los hormigones citados anteriormente, de sus métodos de cálculo y de su eficacia.

Se incluye un resumen de cada artículo en estas 335 referencias. La obra consta de 56 páginas.—L. DE A.

RAYMOND KERN y ALAIN WEISBERG: *Thermodynamique de base pour minéralogistes, pétrographes et géologues*. «Masson et Cie.», 120 boul. Saint-Germain, Paris, VI. 243 págs. y prólogo. 1964. 64 F. N.

Los autores escribieron esta obra, con la idea cada vez más dominante de ir dando a la geología todas las facetas de ciencia exacta que es posible, y entre ellas una de las típicas es la termodinámica.

Exponen la termodinámica a partir de los enunciados de «buen sentido» de los dos principios de esta disciplina; deducen de ellos sus expresiones, con todo el rigor necesario, los «teoremas», «reglas» o «leyes» propios de la termodinámica. El avance es progresivo y cada paso se encuentra ilustrado por ejemplos, bien planeados, tomados de obras generales de los últimos veinte años. Los cálculos, incluidos los más sencillos, se realizan con todo el detalle necesario.

Entre los casos tratados citamos:

— Estudio del sistema diamante-grafito, las condiciones de estabilidad de la jadeíta, resultados que dan indicaciones muy útiles sobre las anomalías del gradiente geotérmico de interés fundamental para los mineralogistas.

— Los diagramas de equilibrio y estudios de metamorfismo, de gran utilidad para los petrógrafos.

— Las leyes de distribución elemental entre las asociaciones minerales, así como la formación de los minerales básicos de gran importancia para los geoquímicos y metalogénistas.

— La solución de los carbonatos de calcio en presencia de diferentes atmósferas, que tanto preocupa a los hidrólogos.

— La oxirreducción de una lava y la diferenciación gravífica de un magma entran plenamente en el campo de los vulcanólogos.

Comienzan sus trece capítulos con el de introducción, en el que se considera la faceta naturalista de la termodinámica, así como el objeto de esta ciencia. El segundo se refiere a símbolos, unidades y constantes. El tercero, a definiciones y convenciones. El cuarto, al primer principio o de equivalencias de las diversas formas de energía. El quinto, al segundo principio o de paso de calor del cuerpo de mayor temperatura al de menor. El sexto lo ocupan con la variación de las funciones termodinámicas en función de los parámetros de estado. En el séptimo, tratan de la influencia de las temperaturas y de la presión sobre las condiciones de equilibrio. En el octavo, estudian algunos sistemas de composición constante, y en el noveno, composición variable. Los ejemplos de utilización del potencial químico, son el tema del capítulo décimo. Tratan la «ley de acción de masa» y constantes de equilibrio, en el capítulo undécimo, y de la regla de fases y las representaciones, en el duodécimo. Está consagrado el capítulo decimotercero al estudio detallado de algunos problemas de interés geológico y mineralógico, agrupados en calcita y aragonito, yeso y anhídrita, cobre y hierro.

Completa la obra una bibliografía y tres índices: termodinámico; mineralógico, petrográfico y geológico; y de autores.—L. DE A.

## GEOLOGIA

GEORGES MILLOT: *Géologie des argiles.—Alterations, sédimentologie, géochimie*. «Masson et Cie.», edit. París, 500 págs., 12 láminas. 1964. 76 F.

Dos conceptos fundamentales tienen los problemas de las arcillas, su origen y su evolución, los cuales son tratados en esta obra.

El origen de las arcillas en la naturaleza se explica por diferentes mecanismos. El primero, preponderante en las alteraciones y la génesis de los suelos, es la neoformación, o génesis a partir de sus soluciones. También existe este fenómeno en la génesis de las arcillas sedimentarias, pero no es tan importante como el ataque. El ataque de los minerales arcillosos detriticos, es la causa de una serie de asociaciones de filitas en los sedimentos actuales y antiguos. Entre la neoformación y el ataque, tiene lugar la transformación de los minerales ar-

cillosos; le concierne también la degradación de los silicatos en la alteración de las rocas, más que su reconstitución por asociación. También se añaden las evoluciones por diagénesis o epimetamorfismo.

El fin perseguido por el autor es la preparación de un libro en el que se disponga de los conocimientos modernos sobre la génesis y evolución de las arcillas, enlazados con la historia de la superficie terrestre, la aparición de las arcillas por alteración, hasta su desaparición por metamorfismo. Múltiples disciplinas tienen puntos de contacto con estos temas, como son la sedimentología y la geología, la pedología, la oceanografía, la geografía, la petrografía y la geoquímica.

Los temas de los doce capítulos de la obra, son: 1.º Los minerales arcillosos. 2.º Las rocas arcillosas. 3.º Geoquímica de los iones en la hidrosfera. 4.º El lugar de las arcillas en el ciclo geoquímico. 5.º Las arcillas de alteración y los suelos. 6.º Las arcillas de sedimentos continuos. 7.º Las arcillas de los sedimentos marinos. 8.º La evolución de la tracción arcillosa en algunas grandes series sedimentarias. 9.º Silicificaciones, sílex y crecimientos de cristales. 10. La génesis de las arcillas y las transformaciones. 11. La génesis de las arcillas: neoformaciones y síntesis. 12. Geoquímica de la superficie y ciclo de los silicatos.

Concluye la obra con una amplia bibliografía y un índice de las principales referencias.— L. DE A.

O. J. SIMÓN: *Geological Investigations the Sierra de Almagro, South-Eastern Spain*. Tesis de la Universidad de Amsterdam, de 11 de noviembre de 1963, 164 págs., 7 láminas, 1 mapa, 2 croquis.

La presente tesis comprende los resultados de investigaciones geológicas efectuadas en la Sierra de Almagro en el curso de los años 1958, 1959, 1960 y 1961. Dicha sierra se halla situada en la parte suroeste de la zona bética *sensu stricto* de las Cordilleras Béticas. Distingúense en esta zona tres unidades tectónicas sobrecorridas, a saber, de abajo arriba: 1) la Nevado-Filábrides, 2) la Alpujarrides, y 3) el Bético de Málaga. En el área objeto del estudio, se presentan rocas pertenecientes a los últimos complejos. Existe además una unidad separada que, en opinión del autor, no guarda correlación con ninguna de las unidades recién aludidas de las Cordilleras Béticas y para la cual se sugiere el nombre de «unidad Almagro». Finalmente se presentan rocas más recientes, depositadas después del emplazamiento de las diversas unidades tectónicas en la Sierra Almagro.

El complejo alpujarride en las Cordilleras Béticas se compone de esquistos, cuarcitas, mármoles y gneises presilurianos mediante metamórficos, sobre los cuales yacen filitas y cuarcitas paleozoicas (¿devono-carboníferas?), que acusan un grado bajo de metamorfismo, filitas y cuarcitas permotriásicas localmente asociadas con yeso, así como calizas y dolomitas, en las que han sido encontrados fósiles del Triásico medio y superior. Sedimentos más recientes, es decir: liásicos fueron encontrados hace algunos años en la parte oeste de la zona bética s. s. (en los Rondaides), en una consecuencia que, según todas las apariencias, puede atribuirse al complejo alpujarride.

El Bético de Málaga, tanto en las Cordilleras Béticas occidentales como en su contraparte en el África del Norte, se compone de gneises, mármoles, cuarcitas, esquistos y filitas presilurianas y de argilitas, calizas, grauwacas y conglomerados silurianos, devonianos y carboníferos que acusan poco o ningún metamorfismo. En disposición discordante con éstos, siguen rocas permotriásicas, de color generalmente rojo: conglomerados, areniscas y argilitas que localmente están asociadas con yeso. Sirven de base, a su vez, a una secuencia de rocas mesozoicas y del Terciario antiguo que consiste principalmente de calizas y dolomías.

En la Sierra de Almagro cabe distinguir, de abajo arriba, cinco unidades tectónicas: las de Almagro, Ballabona, Cucharón, Variegato y otra unidad que puede considerarse como parte del Bético de Málaga. Las cinco contienen todos sedimentos permotriásicos y triásicos. Rocas prepermotriásicas, sólo se encuentran en las dos unidades tectónicas más altas: en la unidad Variegato aparecen rocas presilurianas y paleozoicas (¿devono-carboníferas?) y en la unidad Bético de Málaga, rocas devono-carboníferas. Sedimentos posttriásicos, jurásicos, cretáceos y del Terciario antiguo, sólo se encuentran en la unidad Bético de Málaga. Rocas básicas intrusivas aparecen en las unidades Almagro, Cucharón y Ballabona. Su edad exacta se ignora, pero lo más probable parece ser que pertenecen al Mesozoico. A las rocas sedimentarias depositadas después del emplazamiento definitivo de las unidades tectónicas en la Sierra de Almagro sólo va dedicado un comentario breve, ya que H. Wölk está estudiando su estratigrafía en detalle. El detrito terrígeno en esta secuencia permite hacer en el campo una bipartición de fácil cartografía. En los sedimentos neogénicos más antiguos en el área objeto de nuestras investigaciones, se encontró exclusivamente detrito originario de rocas de las unidades Variegato y Bético de Málaga. En las rocas neogénicas más recientes aparece principalmente el detrito de las rocas del complejo Nevado-Filábride. Finalmente se presentan también diversas formaciones cuaternarias.

Las cinco unidades tectónicas antes mencionadas se distinguen entre ellas por su estructura litológica y por la diferencia, a menudo escasa, en sus respectivos grados de recristalización alpina, manifestándose estas diferencias con mayor claridad en las formaciones permotriásicas presentes en cada una de las cinco unidades. La unidad Almagro se distingue de las otras que forman parte de la Sierra de Almagro por la presencia de lechos de yeso y cuarcita estratigráficamente intercalados en el Triásico medio. Estudios detallados demuestran que es innegable la diferencia entre las unidades Ballabona y Cucharón por lo que se refiere a su estructura litológica y a su grado de recristalización. Sin embargo, vistas en su contexto estructural más amplio, es tan grande la afinidad que presentan, que podrían ser consideradas como partes de una sola gran unidad tectónica.

El orden en que se presentan las diversas unidades tectónicas en la Sierra de Almagro, no resulta ser idéntico en todas partes. Esto se debe a movimientos alpinos relativamente recientes que se produjeron una vez terminada la fase principal de cabalgamiento que condujo a la acumulación original de los diversos complejos. En opinión del autor, la sucesión de las unidades que se distinguen en la Sierra de Almagro, antes de dichos movimientos recientes, era, de abajo arriba: Almagro, Ballabona, Cucharón, Variegato y Bético de Málaga (unidad). De todas estas unidades es la unidad Almagro la que posee la tectónica menos complicada, mientras que la de Ballabona sufrió la influencia más fuerte de movimientos diferenciales. El yeso contribuyó no poco al carácter localmente caótico de la estructura de las unidades Ballabona y Cucharón.

Las formaciones que integran la unidad Variegato corresponden exactamente a las del manto de Gádor, que Westerveld ha señalado en las Alpujarras y que, según dicho autor, reviste el carácter alpujarride más típico. Las rocas de las unidades Cucharón y Ballabona revisten a menudo un hábito alpujarride menos característico. Creemos, sin embargo, que los resultados de las investigaciones efectuadas hasta ahora en la región permiten considerar estas unidades como parte de un complejo alpujarride. Los argumentos más importantes que apoyan nuestra opinión son desde el punto de vista regional, el bajo grado de recristalización que presentan las rocas de dichas unidades y su gran semejanza con consecuencias encontradas en otras partes de las Cordilleras Béticas y que, por regla general, se consideran como partes del complejo alpujarride.

A base de las investigaciones llevadas a cabo en la Sierra de Almagro, lo más probable parece ser que las rocas que integran la unidad Almagro fueran depositadas, en un principio, al norte de la Zona de depósito de las rocas del complejo Nevado-Filábride. No obs-

tante, hace hincapié en la necesidad de realizar investigaciones detalladas en áreas vecinas, a fin de obtener más seguridad sobre la posición tectónica de esta unidad.

En resumen, y también en virtud de investigaciones efectuadas fuera del área, el orden más verosímil de las respectivas zonas de depósito de las rocas de las diversas unidades, parece ser el siguiente:

Aparecen en la Sierra de Almagro:	No aparecen en la Sierra de Almagro:
N.	Prebético.
Unidad Almagro.	Determinadas partes del Subbético <i>s. l.</i>
Unidad Variegato.	Unidades Nevado Filabridas.
Unidad Cucharón.	
Unidad Ballabona.	
Bético de Málaga.	
S.	¿Determinadas partes del subbético <i>s. l.</i> ?

La determinación de la edad de las diversas fases alpinorogénicas tropieza con grandes dificultades, debido a la falta de sedimentos posttriásicos en la unidad de Almagro y en las unidades Alpujarridas, a la incertidumbre que existe con respecto a la edad de las rocas básicas intrusivas y al desconocimiento, por el momento, de la edad exacta de los sedimentos postorogénicos. En todo caso, sabemos que las unidades alpujarridas en la Sierra de Almagro vinieron a ocupar su posición después de la intrusión de las rocas básicas intrusivas. El cabalgamiento del Bético de Málaga se efectuó en el Oligoceno (superior) o en el Neógeno inferior. El hecho de que cada una de las diversas unidades, desde el punto de vista regional, se caracterice por su propio grado de reestabilización, implica que el metamorfismo cinemático se produjo antes del emplazamiento definitivo de las mismas. Además, el metamorfismo cinemático precedió a la formación de las brechas típicamente tectónicas (es decir, las «margas conglomeráticas», a las que se referían algunos investigadores holandeses anteriores), que con toda probabilidad se originaron durante los movimientos horizontales recientes y que han sido la causa del trastorno de la secuencia tectónica «original» de las diversas unidades. Después de la formación de dichas brechas, se ha producido un débil metamorfismo estático.

La extensión de los diversos complejos tectónicos es tratada a base de un mapa tectónico que abarca gran parte de la zona bética. Se comenta además la extensión probable de las unidades que se distinguen en la Sierra de Almagro, con referencia, entre otras cosas, a una posible prolongación de la unidad Almagro hacia el noreste de la zona bética *s. s.*

#### GEONUCLEÓNICA

P. R. WHITNEY y P. M. HURRY: *The problem of inherited radiogenic strontium in sedimentary age determinations*. «*Geochem et Cosmochim.*», Acta, vol. 28, págs. 425-436, 1964.

La mayor fuente de error en la determinación de edad Rb/Sr en muestras de la roca total de pizarra, es la presencia de estroncio radiogénico heredado en los minerales detríticos. Como resultado, si las muestras de pizarra se supone están formando un sistema

cerrado Rb y Cs desde la deposición, las edades medias de esta manera son necesariamente máximas.

En los casos en que la procedencia del material detrítico era joven, o donde había un mayor enriquecimiento selectivo de Rb relativo al Sr durante el proceso de erosión, transporte y sedimentación, esta edad máxima podía ser asignada a la edad verdadera.

Noventa muestras de pizarras del Grupo Hamilton (Devoniano medio), de Nueva York y Pensilvania, dan una aparente edad isócrona de  $398 \pm 12$  millones de años, no más que  $\pm 15$  por 100 en exceso de la edad actual del Devoniano medio, calculado con datos publicados de rocas ígneas y metamórficas. El error relativamente pequeño en este caso, se cree debido primeramente a la derivación de los sedimentos para un área de muestras jóvenes.

La falta de alguna concentración significativa de Sr radiogénico, heredado en partículas bastas de la pizarra, excluye el uso de una corrección empírica para la mediada de edad.

Es recomendable utilizar la relación cronológica Rb/Sr en la roca total para sedimentos antiguos no fosilíferos.—F. M. M.

ROYAL, R. MARSHALL y JÜRIG FEITKNECHT: *Primitive lead from iron meteorites*. «*Geochim et Cosmochim. Acta*», vol. 28, págs. 361-379, marzo 1964.

Los análisis isotópicos muestran que el meteorito férreo de Odessa, así como el meteorito de Toluca, contienen el plomo primitivo dado por Patterson, Brown, Tilton y Inghram (1953): primero descubierto en la troilita de los meteoritos férricos del Cañón del Diablo y Henbury. No obstante, se presentan en el interior de todos estos meteoritos variaciones significativas de relaciones isotópicas.

El plomo de las muestras del meteorito de Odessa tiene proporciones no corrientes de  $Pb^{206}$ , el cual crece con el contenido de bismuto. Pueden ocurrir síntesis nucleares por las diferencias en la composición isotópica encontradas en diferentes muestras de este meteorito. Esto le induce a que halla transiciones hacia el tipo de plomo radiogénico observado en algunos meteoritos férricos (incluyendo el Toluca).

Dentro de los límites de error, la muestra de ataxita de Piñón, rica en níquel, contiene plomo no detectable. Estos resultados fueron corroborados con medidas independientes, las cuales indican que este tipo de meteorito férreo contiene, a lo sumo, unas pocas centésimas en p. p. m. de plomo. Por otro lado, las octaedritas pueden contener hasta 0,25 p. p. m.—F. M. M.

AKIMASA MASUDA: *Lead isotope composition in volcanic rocks of Japan*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», vol. 28, págs. 291-303, Marzo 1964.

Se estudian tres series de rocas volcánicas (rocas pigeoníticas, hipersténicas y alcalinas) así como la composición isotópica de su plomo. Cada serie tiene una línea característica con inclinación negativa en el diagrama de la relación:  $^{206}Pb/^{208}Pb$  y  $^{207}Pb/^{208}Pb$ . Como la cristalización fraccionada no debe causar cambios en la composición isotópica del plomo, esta línea inclinada característica puede ser interpretada como indicadora de la diferencia de origen de estas series. Se demuestra que el incremento del contenido de plomo es acompañado muy frecuentemente por el incremento en la relación  $^{206}Pb/^{207}Pb$ . Esto parece sugerir que la adición de plomo exógeno (probablemente cortical) tiene lugar durante el paso del magma a la superficie; se cree ocurre igual en las series libres de contaminación con relación a los mayores componentes químicos. Según la interpretación, en términos ambos de zona fundida y de variación sistemática de plomo radiogénico en la corteza y manto, en profundidad

del manantial original se deduce que está en el siguiente orden: basalto olivínico alcalino > basalto con alúmina elevada (?) tholeítica.

El método experimental (Masuda, 1962) empleado en este estudio, consiste en la separación de plomo por calentamiento con carbono, purificación por electrodeposición y preparación de plomo tetrametilo seguido de valoración por espectrometría de masas. —E. M. M.

CLAUDE LAY y DOLLY LEDENT: *Mesures d'âge absolu de minéraux et de roches au Hoggar (Sahara central)*. «C. R. Acad. Sc. Paris», págs. 3.188-3.191. 18 de noviembre de 1963.

El zócalo cristalino de Hoggar es esencialmente compuesto de dos conjuntos de formaciones separadas por una gran discordancia, que corresponderá a la sucesión de dos ciclos orogénicos antecambrianos: el Sugrieno, más antiguo, y el Píarusieno. Sobre este substrato reposa en discordancia la cobertura sedimentaria de Tassilis, en los que el término inferior es atribuido al Cambro-Ordoviciense.—L. DE A.

L. CAHEN, J. DELHAL, D. LEDENT y M. REINHARZ: *L'âge des migmatites de boma et de l'orogénese ouest-congolienne. Indications préliminaires sur l'âge des formations mayumbiennes et antérieures*. «Ann. Soc. Géologie de Belgique», t. 86, págs. 230 a 269. Agosto 1963.

Treinta y tres edades aparentes, en 23 minerales (y de una roca total) de 19 rocas diferentes, han interpretado los autores como representantes de tres venidas mayores sucesivas.

De la más antigua, la edad está comprendida en la expresión  $2.760 \pm 500$  m. a. es anterior, y es interpretada como un episodio enlazado a una orogénesis anterior a la mayumbiana. Esta orogénesis interesa a las capas, incluso hasta el presente en la Mayumbidana, después de la formación de Palabala, desde la base hasta las lavas de Gangila en la cúspide.

Las venidas siguientes, de edad comprendida entre 1.480 m. a. y 1.800 m. a. es la mayumbiana que afecta a la serie Duizi Inga y a los terrenos anteriores, antes del depósito de Sansikwa. La última venida mayor es la orogénesis oeste congoliana, donde a una fase posterior le corresponde una edad de 615 m. a. seguida por pegmatitas y filones post-tectónicos, donde la edad se valora en 520 m. a. para las pegmatitas a 455 m. a. para los últimos filones.

Numerosas biotitas de rocas más antiguas se han estudiado por los métodos Rb-Sr y K-A, y con edades aparentes análogas a las de los últimos filones. Es lo mismo para edad K-A del microclino. Estos resultados completan los de un trabajo anterior indicando que las edades aparentes reducidas de biotitas y del microclino son, probablemente, causadas por un fenómeno hidrotermal post-tectónico (oeste-congolino) de la misma edad de estos minerales, debido al mismo levantamiento post-tectónico. Por lo tanto, las bases de las edades aparentes de la biotita, corrientemente obtenidas por el método Rb-Sr, ni son necesariamente indicativas de una tectónica ulterior ni de un metamorfismo importante.

El rejuvenecimiento análogo, aunque algo menos frecuente, es comprobado en ciertas muscovitas.

AUGIEN CAHEN, GEORGES CHOBERT y DOLLY LEDENT: *Premiers résultats de Géochronologie sur le Précambrien de l'Anti-Atlas (Sud marocain) par la méthode strontium-rubidium*. «C. R. Acad. Sc. Paris», págs. 635 a 638. 13 de enero de 1964.

Los resultados a los que llegan los autores son los siguientes:

1.º El granito de Gué d'Amarhous sobre el borde sur del Jebel Ikst (pista de Anzi a Tanalt) es un granito cataclástico de fases pegmatitas. Han medido la edad de las rocas total ( $2.600 \pm 130$  m. a.) y la edad de la muscovita ( $1.810 \pm 55$  m. a.).

2.º En una pegmatita encontrada en trozos en el conglomerado de Tanalt en la base del Precambriano, la edad de su muscovita es ( $1.840 \pm 55$  m. a.) concordante con la de la muscovita del granito.

De los estudios recientes se muestra que el granito del Amarhous aparece tomando un anticlinal complejo bajo las cuarcitas del Jebel Ikst, atribuidas al Precambriano II, y pertenece al substratum de estas cuarcitas. El valor de la edad encontrado para roca total se presenta verdaderamente la edad real del granito. Es netamente más antiguo que los granitos del Precambriano I de la cubeta de Zenaga.

Las muscovitas, al contrario, han sido rejuvenecidas hacia  $1.810 \pm 55$  m. a. (rejuvenecimiento completo), o una época más reciente (rejuvenecimiento parcial). La concordancia entre las edades de las muscovitas del granito y de la pegmatita es difícil de creer puramente fortuita, debe corresponder a la primera hipótesis. Por tanto, ciertos argumentos petrográficos, tales como la presencia de dos generaciones de muscovita, caen plenamente en favor de la segunda. Un rejuvenecimiento total será causado por una aportación enteramente independiente de la orogénesis del Precambriano I cercana a 1.600 m. a. Esta venida se desmorona hace unos 1.820 m. a. Un rejuvenecimiento parcial puede ser debido a esta orogénesis.

En una comunicación anterior, presentaron las edades obtenidas sobre la mayor parte de estas rocas y minerales por el método Argón-Potasio. La comparación de los dos grupos de resultados muestran que las edades aparentes Argón-Potasio son considerablemente inferiores a los resultados obtenidos por Sr-Rb; la excepción de la muscovita, la pegmatita de Timrhahure, para la cual las cifras A-K son bastante iguales, o superiores a  $1.650 \pm 50$  m. a.

#### GEOQUÍMICA

L. H. AHRENS: *Element distributions in igneous rocks. VII. A reconnaissance survey of the distribution of SiO<sub>2</sub> in granitic and basaltic rocks*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», volumen 28, págs. 271-290. Marzo 1964.

La estadística de la distribución del SiO<sub>2</sub> ha sido examinada en 797 muestras de granito, 159 muestras de riolita, 400 muestras de basalto y en 218 muestras de dolerita en general, así como en doleritas específicas de regiones del Karroo (54 muestras) y Tasmania (32 muestras); en 226 muestras de gabro y 54 muestras de norita.

La distribución del SiO<sub>2</sub> es normal, o próxima a la normal, en las riolitas, basaltos, noritas y doleritas del Karroo, que han sido examinadas en este trabajo.

En el granito, basalto más dolerita y en dolerita sola, la distribución de SiO<sub>2</sub> se inclina negativamente, y en este aspecto es similar a la distribución del SiO<sub>2</sub> en rocas graníticas japonesas (Ahrens, 1963); por otro lado, la inclinación positiva es evidente en la distribución del gabro. Cada una de estas distribuciones de inclinación (negativa y positiva) pueden ser descritas en términos de dos distribuciones normales truncadas y yuxtapuestas.

Algunas de las irregularidades y discontinuidades pueden ser de significado petrológico, y una considerable cantidad de indicios indican que las cantidades de SiO<sub>2</sub> de 73 y 48,5 por 100 pueden tener valor significativo.—E. M. M.

BRIAN MASON y H. B. WYCK: *The amphoterites and meteorites of similar composition*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», vol. 28, págs. 533-583, 1964.

Los amphoteritos son una subclase de los condritos olivínicos-hipersténicos, caracterizados por comparativamente olivino rico en hierro (Fe<sub>27.31</sub>) y ortopiroxeno (Fs<sub>23.27</sub>) y un bajo contenido de níquel-hierro (1.5 por 100).



Otros minerales incluyen plagioclasa (composición alrededor de  $An_{10}$ ), troilita, cromita y un fosfato mineral (apatito y/o merrillita). La mayor parte de ellos, son pobremente condriticos y los cóndrulos no están bien definidos, están generalmente muy brechiformes.

Los condritos se encuentran frecuentemente clasificados con los amphoteritos, son completamente distintos, pues son acondritos hipersténicos.—F. M. M.

L. H. AHRENS: *Ni-Mg fractionation in chondrites*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», volumen 28, págs. 411-423, 1964.

Un examen de los datos analíticos en condritos indica que los dos elementos litófilos más abundantes, Si y Mg, están fraccionados significativamente en estos meteoritos.

El valor medio  $SiO_2/MgO$  para todos los condritos es 1,60; un valor puede ser comparado con la magnitud mínima de  $\sim 1,40$ , la cual es aproximada para todos los condritos carbonosos (junto con unos pocos condritos diferentes), y la magnitud máxima de  $\sim 1,90$  que es aproximada para todos los condritos enstatíticos (mas unos pocos pteeros). Los condritos enstatíticos, junto con unos pocos condritos deficientes en Mg, tienden a formar un máximo en el diagrama  $SiO_2-Fe$  aparentemente bien definido.

Algunas de las relaciones Si-Mg-Fe descritas en esta nota, pueden tener un interés significativo en la clasificación de los meteoritos.—F. M. M.

ALLAN SCHOFIELD y LARRY HASKIN: *Rare-earth distribution patterns in eight terrestrial materials*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», vol. 28, págs. 437-446, 1964.

En una fosforita, dos carbones, una mezcla compuesta de conchas de mar, dos corales y dos carbonatitas, han sido determinados por análisis de activación neutrónica los elementos de tierras raras que contienen y su abundancia relativa.

Los abundantes modos de distribución en las fosforitas y materia es marinos calizos, están limitados para estos sedimentos bien diferenciados. Los carbones tienen una abundancia en Eu, y están agotados en los pesados y más ligeros lantanidos. La distribución en las carbonatitas cambia completamente con relación a los sedimentos patrón, como es característica de la mayor parte de los materiales de origen ígneo.

Fue encontrada una considerable variedad en las concentraciones de los elementos de tierras raras. El La contenido en la fosforita fue 160 p. p. m.; el carbón 4.9 y 3.2 p. p. m.; en las conchas y corales 0.13, 0.08 y 0.052 p. p. m., y en las carbonatitas 181 y 76 p. p. m.—F. M. M.

MARIANNE GILLBERG: *Halogens and hydroxy contents of micas and amphiboles in Swedish granitic rocks*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», vol. 28, págs. 405-416, 1964.

Por activación neutrónica, valoración y un análisis Penfield modificado, se ha determinado la clorina, fluorina e hidroxil contenidos en micas y algunos anfíboles, coexistentes en 34 rocas graníticas suecas y en 6 pegmatitas.

Los halógenos fueron liberados de los minerales por pirohidrólisis. Los minerales analizados fueron aislados con un separador mecánico y otro magnético.

Las micas pegmatíticas muestran un elevado contenido de fluorina; por el contrario, el contenido en clorina es bajo. La biotita, cuando coexiste con la moscovita, contiene más fluorina que clorina. Un anfíbol y una biotita coexistentes tienen contenidos de fluorina y clorina de la misma magnitud. En dos muestras fue observada agua sobrante en ambos minerales coexistentes.

Las biotitas en granitos muestran una gran variación en contenidos de fluorina y clorina. Los valores más altos encontrados son 0,88 por 100 de fluorina y 0,66 por 100 de clorina para una biotita de un granito.

Los resultados han sido discutidos, agrupando el material de acuerdo con la edad y algunos parámetros petrográficos, pero no pueden, en general, ser establecidas relaciones válidas. Parece, sin embargo, que el contenido y distribución de volátiles está afectado por la historia, tectónica y química de la provincia petrográfica.—F. M. M.

MASAKO SHIMA: *The distribution of germanium and tin in meteorites*. «Geochem. et Cosmochim. Acta», vol. 28, págs. 517-522, 1964.

Fueron analizados por un método colorimétrico usando germanio-dimetil-complejo aminofenil fluoreno y complejo estaño-dithiol, el germanio y estaño de 17 condritos, incluyendo un condrito enstatítico, un condrito carbonoso, 14 meteoritos de hierro, una fase troilita separada y tres fases separadas de dos meteoritos de hierro pteeros.

Por los datos para el estaño se ve que varía su concentración en los condritos, así como en los meteoritos de hierro.

Se sugiere una revisión de la clasificación de meteoritos hecha por Lovering y otros (1957) para datos relativos al estaño en meteoritos de hierro.

Los cálculos de valores  $\Delta F$  muestran que el germanio y estaño están previstos para ser siderófilos a altas temperaturas y litófilos a bajas temperaturas. No obstante, los datos analíticos sobre muestras totales recalcan las propiedades siderófilas del germanio y estaño para algún tipo de propiedades calcófilas del germanio.

Se presenta una discusión sobre estos puntos que se extienden a la evolución de los meteoritos.—F. M. M.

## MINERALOGÍA

SIMONNE CAILLÈRE y STÉPHANE HÉXIN: *Minéralogie des Argiles*. Pref. de Jean Orcel. Masson et Cie., Edit. Paris, 1963. 356 págs. 8 láms. 76 F.

Desde la más remota antigüedad son las arcillas la materia prima de los alfares y otras industrias mineralúrgicas. A través de los años se han interesado por este tema los geólogos, mineralogistas, mineros, constructores, mineralurgistas, agricultores, etc. Con las técnicas modernas, se puede decir desde 1930, los progresos en el campo de la mineralogía de las arcillas se han sucedido con gran rapidez, enriqueciéndose cada año con nuevas investigaciones.

Los principales investigadores en el tema considerado se agrupan en cristalógrafos, físicos y químicos, y sobre estas tres ramas del saber proceden los datos y teorías tratados en la obra. La difracción de rayos X para la determinación de su estructura, el microscopio electrónico y la microdifracción de electrones para el análisis de sus microcristales, el análisis térmico para considerar sus diversos comportamientos con el calor, la absorción en el infrarrojo para su cohesión, etc., son las principales técnicas utilizadas en la investigación de las arcillas.

La obra está dividida en trece capítulos, que son: 1.º Generalidades, dividido en evolución del concepto de arcillas, su estructura y las propiedades en el límite del cristal, 2.º Análisis gravimétrico y separación de la fracción arcillosa, 3.º Estudio por las radiaciones electromagnéticas, 4.º Los métodos térmicos, dividido en térmico diferencial, termoponderal, dilatométrico y relaciones entre los datos térmicos y las propiedades cristalográficas, 5.º Análisis químico, en el que se consideran el gravimétrico, colorimétrico, espectroquímico de llama

fluorescencia de rayos X, valoración de los componentes susceptibles de pasar al estado gaseoso, capacidad de cambio y crítica e interpretación de los resultados. 6.º Clasificación y nomenclatura de los minerales arcillosos. 7.º Minerales de 7 Aº. 8.º Minerales de 10 Aº. 9.º Minerales de 14 Aº. 10. Minerales interestratificados. 11. Minerales de capas discontinuas y de facies fibrosa. 12. Minerales asociados, considerando por separado los geles, silicatos no filíticos de arcillas, ferríferos, aluminosos, óxidos de silicio, óxido de manganeso, carbonatos. Concluye la obra con el capítulo 13, en el que figuran por orden alfabético los nombres de 400 minerales de arcillas, definiciones y dato bibliográfico del descubrimiento.

Se da la circunstancia de ser esta la primera obra en francés que trata en conjunto todos los temas enumerados, la que está escrita en un nivel equivalente al de los cursos selectivos de universidades y escuelas técnicas superiores.—L. DE A.

C. D. CURTIS: *Applications of the crystal-field theory to the inclusion of trace transition elements in minerals during magmatic differentiation*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», volumen 28, págs. 389-403.

La modificación, debida a Ringwood, de las reglas de Goldschmidt, referente a la distribución de los elementos traza en minerales, es de difícil aplicación para los elementos de transición. Esto se debe a que los radios iónicos y efectos electronegativos, descritos por Ringwood, se inclinan en direcciones opuestas en las series. Es extremadamente difícil predecir por consideraciones puramente teóricas cuál efecto será el mayor.

Se utiliza en este trabajo una nueva aproximación para el problema, la teoría del campo del cristal, y se predice semicuantitativamente el orden relativo, en el cual todos los elementos de transición serán concentrados durante la diferenciación magmática. Se examinan los datos para la intrusión Skaergaard, de acuerdo con las indicaciones anteriores, y se demuestra que las fuerzas en el campo del cristal son dominantes en determinados elementos traza.—F. M. M.

ADOLFO ALVAREZ-BUYLLA ALVAREZ: *Un camino para la sinterización de minerales difícilmente aglomerables*. Inst. Hierro y Acero, XVII, pág. 127 a 133, febrero 1964

Basado en los buenos resultados obtenidos en la preparación de machos con silicato sódico y corriente de  $\text{CO}_2$ , el autor hace un estudio de preaglomeración, de minerales de hierro, muy finos y, por tanto, de difícil aglomeración, antes de la sinterización, formando «pellets» con la adición de silicato sódico y corriente de  $\text{CO}_2$ .

El mineral empleado en estos ensayos fue una limonita de muy fina granulometría, con el que se hicieron ensayos de sinterización directamente con el G y el S por 100 de coque; ensayos de sinterización previa aglomeración del mismo en forma de «pellets», sin adición de reactivo alguno y, finalmente, sinterización del mineral preaglomerado en forma de «pellets» con la adición de cantidades crecientes de silicato sódico, desde el 0.5 al 3 por 100 y corriente de  $\text{CO}_2$ .

Se indica la técnica seguida para la formación de los «pellets» verdes, así como la marcha seguida en los ensayos de sinterización de dichos «pellets», e igualmente se describe la Planta Piloto donde fueron efectuados estos ensayos. Se hace un resumen de los resultados obtenidos, tanto de los ensayos de sinterización del mineral directamente, como de los efectuados con el mineral «pelletizado» previamente.

Se consigue con la «pelletización» previa del mineral resultados altamente satisfactorios, pues esta limonita, que directamente sinteriza muy mal, principalmente por su poca

permeabilidad, después de su «pelletización» mejora sensiblemente ésta, así como la resistencia de la carga, con lo que se consiguen unos sinterizados de mucha mejor calidad y unos rendimientos de la operación mucho más altos.

Finalmente, se hace un estudio del efecto que puede producir la presencia de álcalis en el sinterizado, sobre los refractarios del horno alto. Se llega a la conclusión de que su eliminación es casi completa durante la aglomeración, no siendo, por tanto, la cantidad de álcalis que puede contener el sinterizado obtenido con esta técnica, perjudicial para el revestimiento del horno alto.

ERNEST E. AVGINO: *The effects of non-hydrostatic pressures on radiation-damage thermoluminescence*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», vol. 28, págs. 381-388, marzo 1964.

Se han estudiados los efectos de las presiones no hidrostáticas en radiación natural termoluminiscente, y calculadas las relaciones entre presiones producidas y radiaciones naturales termoluminiscentes. Los datos fueron obtenidos por análisis detallados de 550 curvas, deducidas al estudiar nueve muestras diferentes, con incrementos de aumentos de presión, para intervalos crecientes de tiempo, y medición de la termoluminiscencia producida en cada muestra, como una función del tiempo y presión.

La demostración experimental indica que los efectos de presión son marginales, y no introducen errores serios en las determinaciones de edades geológicas basadas en la termoluminiscencia.

Los gráficos de la termoluminiscencia obtenidos por diferentes presiones con relación al tiempo de su aplicación, muestran una variación cíclica con el incremento del tiempo.

El carácter cíclico de las curvas de termoluminiscencia superficie-tiempo, no puede ser explicado razonablemente con los datos presentes. Aunque el mecanismo fundamental del trabajo puede envolver dislocaciones, será difícil definir estos mecanismos con más precisión. F. M. M.

## MINERIA

GEORGE O. ARGALL: *Major molybdenum expansions underway in Canada U.S.A.* «World Mining», XVII núm. 57, págs. 38 a 42, mayo, 1964

Tres nuevas minas de molibdeno serán puestas en explotación y un nuevo proceso metalúrgico será usado a escala comercial por primera vez para incrementar la producción con motivo de la demanda en aumento rápido.

El consumo mundial aumenta a un ritmo anual de 9.5 por 100. El consumo en los Estados Unidos en 1963 fue un 35 por 100 superior al de 1953. Climax Molybdenum Company, el mayor productor del mundo, incrementará su producción con 5.000 toneladas anuales hasta 1968. Se obtendrá una tercera parte con el nuevo circuito de recuperación de óxidos y dos terceras partes vendrán de la nueva mina y planta de concentración en Urad, Colorado, de una capacidad de 5.000 toneladas diarias. En el Canadá, la Endako Mines Ltd. prepara una explotación a cielo abierto de 10.000 toneladas diarias y construyó una planta de flotación. Los primeros concentrados serán producidos en agosto de 1965.

E. FINN: *Lamco-Liberia's new mine carved from mountain top*. «World Mining», XVII, número 5, págs. 28 a 33, mayo, 1964.

La explotación conjunta Lamco, por la Grangesberg Company de Suecia, la Bethlehem Corporation y otras firmas, además del Gobierno de Liberia, produce y embarca mineral

de hierro de calidad alta de su nueva explotación a cielo abierto en los montes Nimba en Liberia Oriental. Lamco preparó la mina y una planta para triturar y clasificar 4.000 toneladas por hora, instaló una cinta transportadora hasta la parte inferior de la colina, y construyó un ferrocarril de vía normal hasta el nuevo puerto de embarque de Buchanan.

— : *9 metals recovered from nickel-platinum concentrate*. «World Mining», XVII, número 5, págs. 34 a 37, mayo, 1964.

En la mina en la República de África del Sur se produce un concentrado por densidad de ley elevada, y una mata de convertidor que son enviados a la fundición Johnson Matthey Co. en Brimsdown.

La mata, con 46 por 100 de níquel, 28 de cobre, oro y los metales de platino, se concentra al 65 por 100 de metales del platino y después son tratados con ácidos para separar los diferentes metales del grupo platino. Se refina de la manera siguiente: 1. Fundición de una mata para separar el cobre y el níquel. 2. Refino electrolítico para producir cobre, níquel y platino puro. 3. Separación y refino químico de cada uno de los metales.

#### PALEONTOLOGIA

FRANZ RADING: *Die Lebensspur Tomaculum problematicum Grom 1902 im Llandeilo der Iberischen Halbinsel*. «N. Jb. Geol. Paläont. Abh.», 119, 1-12 18, Stuttgart, febrero 1964.

Las pizarras del Llandeilo (pizarras de Lluarca) de la costa asturiana y de los Montes de Toledo, contienen *Tomaculum problematicum* Grom 1.902. Los ejemplares hallados corresponden a los yacimientos ya conocidos de otras regiones de Europa.

FRANZ RADING: *Beitrag zur Kenntnis der Grenzsichten Devon-Karbon im Kantabrischen Gebirge (Nordspanien)*, N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1964, 3-150-162, Stuttgart, marzo 1964.

En la playa de San Pedro, al norte de Oviedo, se observa el corte del Devoniano-Carbonífero bastante completo. Consiste en calizas masivas del Givetense, en areniscas y cuarcitas con una fauna de braquiópodos de edad Frasnense. Con este conjunto se ponen en contacto concordante las calizas nodulosas —en su base silicatadas— del Visiense superior/Namuriense A interior (nivel de Eumorphoceras) y sobre éstas la cañza de montaña de edad namuriense A superior (nivel de Homoceras). El último tramo de la serie berciniana se compone de una alternancia de pizarras, areniscas y calizas con gomatites del Naumuriense B (nivel de Reticuloceras).

CARLOS ROMARIZ: *Graptolitos do Silúrico português*. «Rev. da Faculdade de Cien. de Lisboa», 2.ª Serie, C, vol. X, fasc. 2.º, págs., 115 a 312, 1962.

En el presente trabajo se estudia la fauna graptolítica del siluriano portugués, analizándose los resultados, integrándolos con los conocimientos de la distribución Estratigráfica y Paleogeográfica de los Graptolitos europeos, y esboza un catálogo de las formas existentes en el vecino país portugués.

Con tal objeto se dispuso del material recogido por el autor y una revisión e iden-

tificación de numerosos ejemplares de la colección de M. Delgado, guardados en los Servicios Geológicos de Portugal.

Estudia por separado el Siluriano de Trasmontes, entre Vouga y Minho de Buçaco, de Mação, Amédoia-Dornes, el de Portalegre y del Baixo Alentejo.

Consagra otro capítulo a las facies Graptolíticas en Portugal, análisis estratigráfico y sincronismo de las facies de Valenciano y del Salopiano graptolítico. Terminando con un catálogo de los graptolitos del Siluriano portugués. Tiene una colección de 22 láminas y un índice alfabético del catálogo de los graptolitos.

Esta obra, de cerca de doscientas páginas, la consideramos muy útil para cuantos se ocupen de los graptolitos del Siluriano de nuestro vecino país.



## I N D I C E

	Págs.
Stephanian B flora from the Ciñera-Matallana coalfield (León) and neighbouring outliers. II: <i>Mixoneura</i> , <i>Reticulopteris</i> , <i>Linopteris</i> and <i>Odontopteris</i> , por R. H. WAGNER ... ..	5
Bosquejo geológico de la zona de yacimientos caolínicos entre Cerollera y Los Olmos (Teruel), por ANTONIO QUESADA GARCÍA ... ..	57
El origen de los plegamientos en la corteza terrestre, por V. V. BELOUSSOV ... ..	71
Notas estratigráficas y paleontológicas sobre los depósitos flandrienses del puerto de San Antonio Abad (Ibiza), por B. ESCANDELL y G. COLOM... ..	95
Síntesis geológica sobre el Paleozoico y Prepaleozoico del extremo oriental de los Pirineos, en la zona de Rosas (Gerona), por FÉLIX CAÑADA GUERRERO... ..	119
Bases diastróficas de las ideas geomorfológicas en el siglo XX, por RICHARD J. CHORLEY... ..	155
Relación de las principales actividades para investigación de hidrocarburos llevadas a cabo en España durante 1963. por J. M. <sup>a</sup> RÍOS... ..	183
Introducción al estudio metalogénico de la mina «La Ratera», de la provincia de Huelva, por PEDRO GARCÍA SALINAS... ..	235
Notas paleontológicas (V). por ANTONIO DUE ROJO, S. I. ... ..	249
Noticias... ..	275
Datos estadísticos... ..	277
Cotización y comercio... ..	278
Criaderos... ..	282
Novedades industriales y científicas... ..	283
Congresos y reuniones... ..	288
Reservas mineras ... ..	310
Notas bibliográficas ... ..	313
Criaderos... ..	315
Física... ..	318
Geología... ..	319
Geonucleónica... ..	322
Geoquímica... ..	325
Mineralogía... ..	327
Minería... ..	329
Paleontología... ..	330

INSTITUTO  
GEOLOGICO  
y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID - 3