

AÑO 1965

II TRIMESTRE

NUM. 78

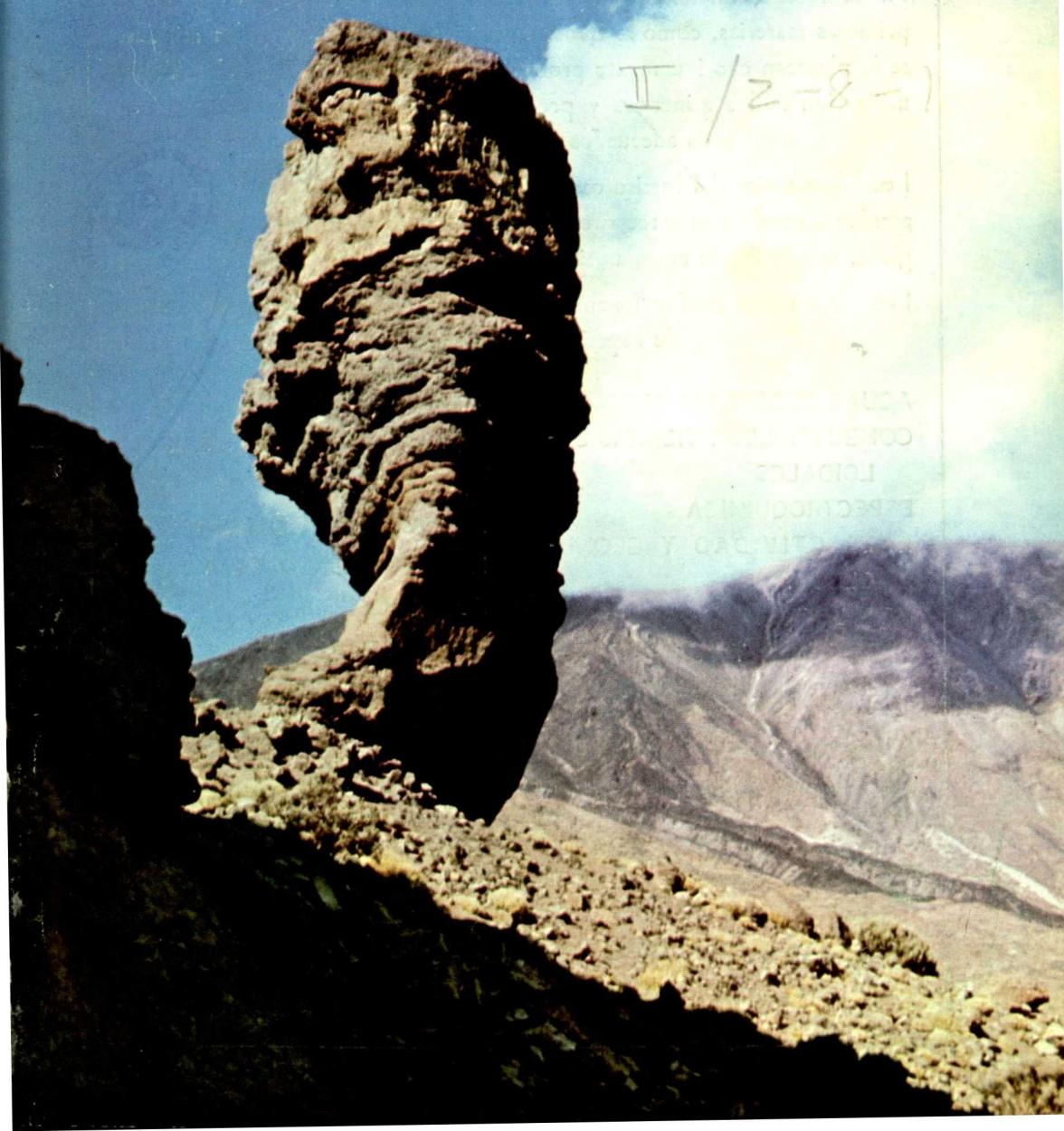
NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

I/16-3-8

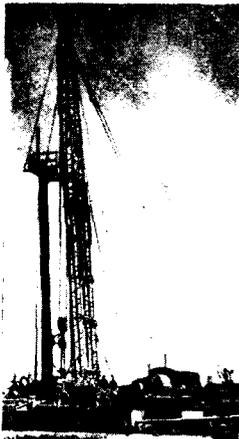
II / 2-8-81





EMPRESA NACIONAL "ADARO"

DE INVESTIGACIONES MINERAS S.A.



ESTUDIOS GEOLOGICOS

INVESTIGACION DE CRIADEROS MINERALES

SONDEOS HASTA DE 4.500 MTS. DE PROFUNDIDAD

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

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

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

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

78

SEGUNDO TRIMESTRE



HARRY WASSALL & ASSOCIATES, INC.

- **CONSULTORES GEOLOGICOS EN PETROLEO Y MINERIA**
Campañas regionales y locales de exploración (geología de campo, fotogeología, etc.). Reinterpretación conjunta de estudios geológicos y geofísicos. Geología del subsuelo y dirección de sondeos. Correlaciones. Experiencia en países europeos y de Ultramar.
- **PALEOLAB.**—Los laboratorios mejor dotados de Europa para la preparación de secciones delgadas y para efectuar estudios y determinaciones de: **Petrografía, Paleontología y Palynología.** Especialidad en correlaciones difíciles.
- **BOLETINES MENSUALES** informativos sobre la actividad petrolífera y minera en 120 países. «Boletín de Información Minera» sobre España, con ediciones en castellano e inglés.



GINEBRA (Suiza)
14, Rue du Conseil Général
Teléfono 26-04-00
Cable: «Geoconsulting»

MADRID
Torre de Madrid, 5-12
Teléfono 241-12-95
Cable: «Inconvest»

MADRID

1965

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

El Roque. Tenerife (Canarias).

Relieve residual del complejo fonolítico y traquifonolítico de Las Cañadas en la Isla de Tenerife (Canarias), gigantesca caldera de hundimiento situada a 2.000 m. de altura en el centro de la Isla, donde se eleva el conjunto volcánico del Teide.

Foto con dirección N-10-W.

(Foto F. Mingarro Martín).

Depósito Legal M. 1.882.-1958

R. H. WAGNER*

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

III. CALLIPTERIDIUM AND ALETHOPTERIS

ABSTRACT

A further description of the Stephanian B impression flora from post-Asturian coal-measures in the region of Ciñera-Matallana and adjoining parts of northern León (N. W. Spain) deals with elements of the formgenera *Callipteridium* and *Alethopteris*. The following species are figured and described: *Callipteridium gigas* (von Gutbier) Weiss, *Callipteridium striatum* Wagner, *Callipteridium zeilleri* Wagner (= *C. pteridium* Zeiller, non von Schlotheim), *Callipteridium* cf. *pseudogigas* Wagner, *Alethopteris bohemica* Franke, *Alethopteris leonensis* Wagner and *Alethopteris zeilleri* Ragot (= *A. grandini* Zeiller, non Brongmart). The two formgenera involved are briefly discussed and so are the families *Callipteridiaceae* Corsin and *Alethopteridaceae* Corsin.

SUMARIO

En esta tercera aportación describimos a varias especies que pertenecen a los géneros de forma *Callipteridium* y *Alethopteris*, atribuidos, respectivamente, a las familias *Callipteridiaceae* y *Alethopteridaceae* (según la clasificación de P. Corsin, 1960).

Primeramente consideramos el género de forma *Callipteridium* Weiss. Está caracterizado por frondes de tamaño relativamente grande, con pinas intercaladas sobre el raquis del primer orden. Las pinulas se presentan siempre de aspecto simétrico, con un nervio central sobre, aproximadamente, dos terceras partes del largo de la pinula, y los nervios laterales en forma ascendente. Los nervios laterales están derivados en parte del nervio central y en parte del raquis soporte (o bien de nervios basales paralelos al raquis). La inserción de las pinulas y de sus nervios centrales es típicamente perpendicular sobre el raquis. Aquello se presenta de forma cuadrada en sección transversal.

El género *Callipteridium* se divide en dos subgéneros, definidos recientemente por el autor (Wagner, 1963). En líneas generales, se suceden en el tiempo y representan etapas dentro de la evolución del grupo de *Callipteridium*, en el que notamos la introducción paulatina de pinulas intercaladas sobre los raquis del penúltimo orden. El subgénero

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

más antiguo, *Pracallipteridium* Wagner (= *Pecopecteridium* P. Bertrand *pars. non* Fontaine & White), que caracteriza, sobre todo, al Westfaliense superior y Estefaniense A bajo, tiene aún pocas pinulas intercaladas, presentándose únicamente en la parte superior de las pinas del penúltimo orden. El subgénero *Eucallipteridium* Wagner, del Estefaniense y Autuniense, está caracterizado por la presencia de pinulas intercaladas sobre toda la longitud de los ráquis del penúltimo orden. *Eucallipteridium* marca el desarrollo principal del género *Callipteridium*. A ello pertenecen las tres especies que figuramos y describimos en este trabajo.

Resulta bastante corriente encontrar ejemplares de *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *gigas* (von Gutbier) Weiss en la cuenca minera de Ciñera-Matallana. Figuramos varios ejemplares, entre los cuales destaca un final de pina del penúltimo orden (lám. 20, fig. 4S) que, por la transición rápida de pinulas a pinas del último orden, puede incluso ser la terminación de una fronde. La especie se distingue, sobre todo, por sus pinulas largas y estrechas, de forma linear, con su nerviación bastante apretada y relativamente poco ascendente. Aparece por primera vez al principio del Estefaniense A (véase el ejemplar figurado por Kanis, 1956, Pl. 2, fig. E; 1960, lám. III, fig. E), pero resulta generalmente más frecuente en estratos del Estefaniense B y C en España. Por los datos que se poseen de otras partes de Europa, sabemos que persiste incluso dentro del Autuniense.

Un solo ejemplar bastante dudoso (lám. 24, figs. 60, 60 a) lo atribuimos provisionalmente a *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *pseudogigas* Wagner (comparar Wagner, 1965, lámina 38, figs. 82, 82 a), que se distingue de *Callipteridium gigas* por su nerviación más espaciada. En el caso presente, apuntamos la posibilidad de que el ejemplar figura do represente pinulas atípicas de *Callipteridium zeilleri* Wagner que igualmente están caracterizadas por una nerviación bastante abierta.

Con más detalles describimos a la especie *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *striatum* Wagner, de lo cual solamente presentamos una breve diagnosis en una ocasión anterior. Se trata de una especie caracterizada por sus pinulas subtriangulares con una nerviación bastante apretada, lo cual sirve para distinguirlo de la especie parecida *Callipteridium zeilleri* Wagner que muestra nervios más espaciados. Suponemos que *Callipteridium striatum* sea una forma precursora de *Callipteridium zeilleri*, efectuándose la transición entre ambas especies durante el Estefaniense B. A su vez, *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *striatum* Wagner, de edad Estefaniense A medio a Estefaniense B medio (?), probablemente tuvo su origen en la especie *Callipteridium* (*Pracallipteridium*) *jongmansii* (P. Bertrand) Wagner, del Westfaliense D y Estefaniense A inferior a medio.

A continuación describimos a *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *zeilleri* Wagner (= *C. pteridium* Zeiller, *non* von Schlotheim). Se trata de ejemplares muy parecidos a los de *Callipteridium striatum*, puesto que están caracterizados igualmente por pinulas de forma subtriangular. Sin embargo, presentan una nerviación más espaciada. Se advierte que, habiendo formas de transición entre ambas especies, resulta a menudo difícil distinguir entre *Callipteridium striatum* y *Callipteridium zeilleri*. Predomina la especie últimamente mencionada en estratos del Estefaniense B superior y Estefaniense C, aunque empieza a individualizarse ya a partir del Estefaniense A superior.

Entre los elementos de la familia de las *Alethopteridaceae* encontramos solamente tres especies de *Alethopteris* en Ciñera-Matallana. El género de forma está caracterizado por frondes bastante grandes, con pinulas de forma asimétrica, cuya nerviación muestra generalmente un nervio central bien acusado y los laterales poco oblicuos o más bien perpen-

diculares sobre los bordes de la pinula. La parte basiscópica muestra nervios accesorios, derivados directamente del raquis soporte o, más bien, de un nervio basal paralelo al raquis (comparar Bochenki, 1960). No hay ni pinas intercaladas ni pinulas intercaladas en *Alethopteris*.

Una de las especies más interesantes es *Alethopteris bohemica* Franke, de lo cual encontramos varios ejemplares bien caracterizados sobre toda la potencia estratigráfica que se presenta en la cuenca minera de Ciñera-Matallana. Se identifica la especie por sus pinulas anchas, con los bordes laterales muy ligeramente abombados y el ápice en punta redondeada, así como por el nervio central grueso que presenta un contraste acusado con los nervios laterales finos y numerosos que llegan perpendicularmente sobre el borde de la pinula. La especie parece estar perfectamente localizada, tanto en España como en otras partes de Europa (Bohemia, Suiza, Austria), en el Estefaniense A y B. Probablemente desaparezca a partir del Estefaniense B superior, puesto que ya no lo encontramos en el Estefaniense C español.

Igualmente concedemos importancia estratigráfica a la especie *Alethopteris leonensis* Wagner, que señalamos del Estefaniense B medio y superior, así como del Estefaniense C de las provincias de León y Oviedo en el noroeste de España. Ya presentamos una breve diagnosis de esta especie en una comunicación al V Congreso sobre Estratigrafía y Geología del Carbonífero (París, 1963). Basamos la descripción de *Alethopteris leonensis* en varios ejemplares recogidos de la mina «Conchita», cerca de Lombera, en la cuenca minera de Ciñera-Matallana (lám. 26, figs. 69, 70). Se trata de ejemplares caracterizados por sus pinulas de forma linear, bastante esbelta, cuya nerviación se presenta relativamente apretada. Además, se identifica por sus pinulas apicales bien individualizadas, relativamente cortas, de forma linear. Se le encuentra un parecido con la especie *Alethopteris ambigua* Lesquereux (= *Alethopteris friedeli* P. Bertrand), que tiene pinulas más pequeñas con una nerviación más espaciada. *Alethopteris leonensis* es muy frecuente, sobre todo, en el paquete de San José, de la cuenca minera de Ciñera-Matallana, donde parece caracterizar al techo de la capa Estrecha.

Muy abundante se muestra *Alethopteris zeilleri* Ragot (= *Alethopteris grandini* Zeiller, *non* Brongniart), sobre todo en el paquete inferior de la cuenca minera de Ciñera-Matallana, aunque también lo encontramos en paquetes consecutivos. Consiste típicamente en ejemplares con pinulas grandes, de forma anchamente linear, cuyos nervios laterales se presentan bastante espaciados y perpendiculares sobre los bordes de la pinula. Es una especie típicamente estefaniense que parece derivarse de *Alethopteris grandinioides* Kessler, del Westfaliense superior y Estefaniense A inferior.

SYSTEMATIC DESCRIPTIONS

Family *Callipteridiaceae* P. Corsin, 1960

Probably subarborescent plants which possess fairly large fronds subdivided into pinnate segments formed by unequal dichotomies; towards the top of the frond more equal dichotomies tend to be present. Small, intercalated pinnae of the last order occur immediately on the primary rachis. Intercalated pinnules on the rachis of the penultimate (second) order may occur in the

more evolved members of the family (*Eucallipteridium*, *Emplectopteridium*). Pinnules are typically bilateral symmetric, perpendicularly inserted on the supporting rachis, and broadly based or even slightly confluent. Nervules may be free, pseudo-anastomosed or fully anastomosed. Seeds may be inscribed on the rachis of the last order, at the bases of pinnules (cf. Asama, 1959: *Callipteridium koraiense*). Male fructifications are unknown (diagnosis mainly after Corsin, 1960, p. 571).

The family *Callipteridiaceae* shows an organisation of the fronds which is similar to that of the family *Alethopteridaceae* (see page 38). On the other hand, its typically pectopteroid, non-decurrent pinnules of symmetric aspect are clearly different from the markedly asymmetric, alethopteroid pinnules, with a decurrent base, which characterise the latter family. P. Bertrand (1932) as well as, more recently, J. Doubinger (1956) and M. Buisine (1961) included the various members of the *Callipteridiaceae* with the family *Alethopteridaceae* (or *Alethopterideae*). Previous authors had assigned members of the *Callipteridiaceae* to the *Callipterides* (e. g. Weiss, 1870; Gothan & Weyland, 1954, p. 145; W. & R. Remy, 1959, p. 200), thus combining *Callipteridium* with *Callipteris* in the same group of fernlike foliage. In the present paper the criterion of P. Corsin is followed, who separated the *Callipteridiaceae* from both the *Alethopteridaceae* and the *Callipteridaceae*.

Three genera are considered to belong to the *Callipteridiaceae*, viz:

Formgenus: *Callipteridium* Weiss, 1870 (with free veins).

Formgenus: *Emplectopteridium* Kawasaki, 1934 (with partly anastomosing veins).

Formgenus: *Palacowicichselia* Potonié & Gothan, 1909 (with mainly pseudo-anastomosing veins).

The most common among these formgenera is undoubtedly *Callipteridium*, which is a well-known element of Stephanian and Arturian floras, with sporadic first occurrences in Westphalian C and D rocks. *Emplectopteridium*, which only differs from *Callipteridium* in the presence of anastomosed veinlets, is known exclusively from high Stephanian and early Permian strata of the Cathaysia province in East Asia. *Palacowicichselia* is known with a single species, *P. defrancei* (Brongniart), from the lower Westphalian D of the Saar region.

In the present paper, dealing with elements of the Stephanian B flora of Cifera-Matallana, only some representatives of *Callipteridium* are discussed.

Formgenus *Callipteridium* Weiss

Diagnosis:

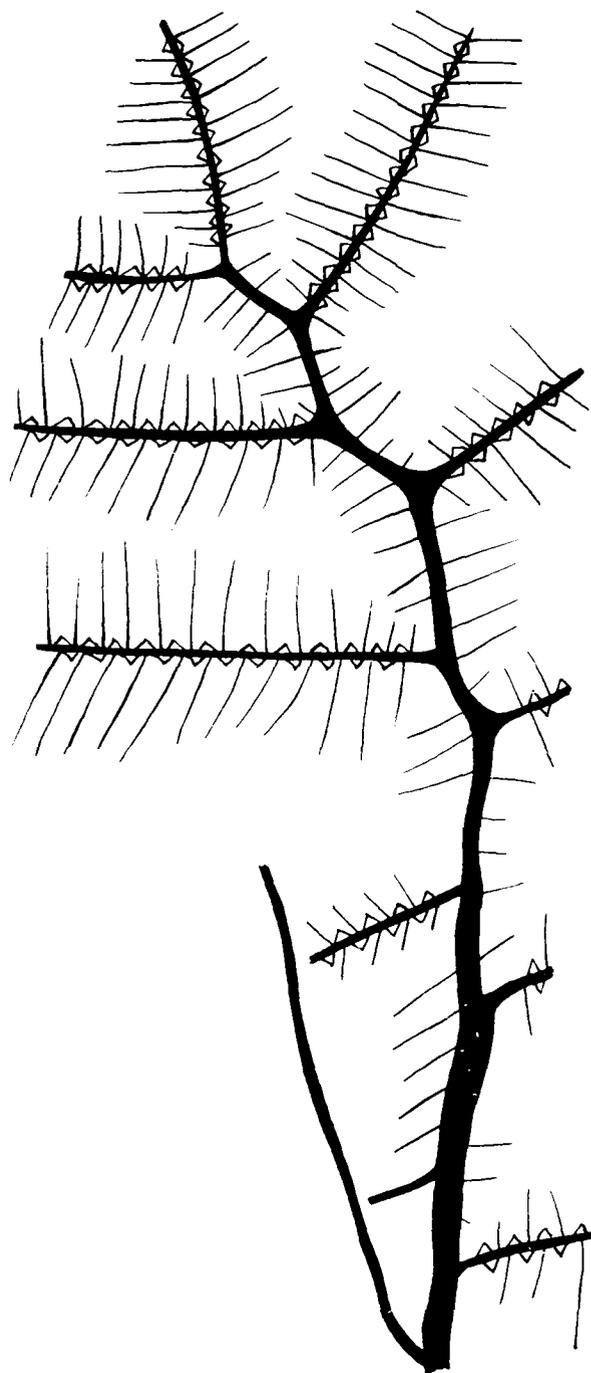
Fairly large, spreading fronds with alternate pinnae of the first order which are formed by unequal dichotomies of the main rachis; in the upper part of the frond a more equal dichotomous branching prevails however (structure based on the large specimen figured by Zeiller, 1888: *Commentary*, Pl. XIX). Rachis are typically square in transverse section. Small pinnae of the last order are found intercalated between major pinnae on the primary rachis. Intercalated pinnules on the rachis of the penultimate order (secondary rachis) may or may not be present, depending on the degree of evolution of the species considered. Pinnae of the last order are imparipinnate.

The slightly confluent pinnules are typically inserted at right angles to the supporting rachis and show a more or less well marked bilateral symmetry. The straight and perpendicular midvein usually dissolves into veinlets at some distance below the pinnule apex. Lateral veins follow a course oblique to the pinnule border and fork usually either once or twice at irregular intervals. Some of the veinlets appear to be derived immediately from the rachis (so-called subsidiary veins) or may spring from basal lateral veins which follow a course parallel and close to the rachis.

Seeds may be inserted on the rachis of the last order, near the base of pinnules (as recorded by Asama, 1959, for *Callipteridium koraiense* (Tokunaga) Kawasaki). Male fructifications are unknown.

Remarks on classification:

The name *Callipteridium* was introduced by E. Weiss (1870, p. 858, 859), who defined it as a subgenus which, together with *Callipteris* and *Anoptopteris*, belonged to the Sectio *Callipteridis* of the genus *Odontopteris*. The short diagnosis given by Weiss, viz. «N. utrinque obvel, n. medius validus, sed evanescentes, nervuli oblique patentes, inter se paralleli», was limited to the characteristics of the pinnules. Apart from a remark to the effect that the frond could be more than once pinnate, there was no mention of any particular organisation of the frond. As a genotype, it seems that *Neuropteris mirabile* Rost (= *Pecopteris ovata* Brongniart?) has been considered by Weiss. Both names are usually mentioned as junior synonyms of *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) Zeiller.



The diagnosis of *Callipteridium* was expanded when Grand'Eury (1877, p. 108) drew attention to the presence of intercalated pinnules between the pinnae on rachis of the penultimate order. His emendation of the genus, for as such it has to be interpreted, led him to consider *Callipteridium* as an intermediate type between *Alethopteris* and *Callipteris*.

In his well-known monograph on the Stephanian flora of Commeny, in Central France, Zeiller (1888, p. 193) gave an even fuller description of *Callipteridium*, in which he stressed both the presence of intercalated pinnae on the primary rachis and the existence of intercalated pinnules on the secondary rachis. These aspects of the organisation of the *Callipteridium* frond have become known mainly after Zeiller (1888, Pl. XIX) figured an almost complete specimen of a frond identified as *Callipteridium pteridium* (11).

Especially the presence of intercalated pinnules between the pinnae on the rachis of the penultimate order has become an essential feature of *Callipteridium* in later descriptions of the genus (cf. Franke, 1912). This feature has been further emphasized by P. Bertrand (1932, p. 86), who distinguished a new genus, *Pecopteridium* P. Bertrand, by the absence of intercalated pinnules, although both the presence of intercalated pinnae on the primary rachis and the habit and nervation of the pinnules coincided with characteristics of *Callipteridium*.

It is doubtful that the presence or absence of intercalated pinnules should be used as the sole criterion for a distinction between genera. Particularly in the case of *Callipteridium*, there is little reason to accept this criterion, because the presence of intercalated pinnules appears to be an acquired feature which gradually evolved within the same group of fossil plants (cf. Wagner, 1963). For example, *Callipteridium* (*Pecopteridium*, *Pecopteris*) *armasi* Zeiller shows clearly marked intercalated pinnules in the top part of pinnae of the penultimate order, whilst equivalent pinnules lower down the frond occupy

(11) This specimen is now referred to *Callipteridium zeileri* Wagner (= *C. pteridium* Zeiller, non von Schlotheim). For a diagrammatic representation of this specimen see textfig. 4.

Textfig. 4:

Diagrammatic representation of the structural elements visible in the frond of *Callipteridium zeileri* Wagner (= *C. pteridium* Zeiller, non von Schlotheim), as figured by Zeiller (1888: Commeny, Pl. XIX, fig. 1).

Esquema de los varios elementos estructurales que constituyen la fronda de *Callipteridium zeileri* Wagner (= *C. pteridium* Zeiller, non von Schlotheim), segun el ejemplar figurado por Zeiller (1888: Commeny, Pl. XIX, fig. 1).

an axillary position between the rachis and a pinna of the last order (see the illustrations provided by Zeiller, 1899: Héraclée, Pl. III, figs. 13, 14 and 15). It is likely that intercalated pinnules evolved first in the upper parts of pinnae and subsequently spread gradually downwards throughout the pinnae of the second order. Zeiller (1899, p. 36) already observed that his «*Pecopteris*» *armasi* seemed to represent a passage type between *Pecopteris* and *Callipteridium*. Although the assumed link with *Pecopteris* is inadmissible (cf. Doubling, 1956, p. 95), it may well be conceded that *C. armasi* appears to be a precursor of later forms of *Callipteridium*, which have intercalated pinnules developed throughout the frond. Especially Teixeira (1951, p. 8) clearly stated that Stephanian species of *Callipteridium* could have arisen from Westphalian elements of *Pecopteridium*, due to the acquisition of intercalated pinnules on the rachis of the penultimate order.

This fact being recognised, there seems no reason for retaining *Pecopteridium* P. Bertrand as a separate genus. It has therefore been proposed by the present author (Wagner, in Wagner & Breimer, 1958, p. 17, 26; Wagner, 1963) to incorporate most of the species attributed to *Pecopteridium* P. Bertrand with *Callipteridium* Weiss. The latter genus would thus revert to its original, rather wide limits, as intended by E. Weiss.

On the other hand, it may be useful to recognise two subgenera of *Callipteridium sensu lato*, reflecting stages in the development of intercalated pinnules within the genus. It is a known fact that representatives of *Callipteridium* are extremely rare in Westphalian strata, corresponding to the times when intercalated pinnules had not yet been developed or were only present in the top parts of pinnae of the penultimate order. The first examples of forms with intercalated pinnules are known from late Westphalian D strata. At the same time an increase in the abundance of specimens of *Callipteridium* is noted. The gradual acquisition of intercalated pinnules throughout the pinnae of the penultimate order, taking place during late Westphalian D and most of Stephanian A times, thus seems correlative with the increase in numbers which leads to a recognised abundance of *Callipteridium* in strata of Stephanian B and C ages. It therefore seems appropriate to distinguish between an early group of species to be ranged under a subgenus *Præcallipteridium*, and a later, more fully developed group which forms the subgenus *Eucallipteridium* (Wagner, 1963). The subgenus *Præcallipteridium* Wagner coincides almost entirely with *Pecopteridium* P. Bertrand. The latter name is not available however, since *Pecopteridium* P. Bertrand, 1932, is a homonym of *Pecopteridium* Fontaine & White, 1880.

The species of *Callipteridium* found in the Cñera-Matallana coalfield all belong to the subgenus *Eucallipteridium*, which is characterised by a full complement of intercalated pinnules.

Morphology of the Callipteridium frond:

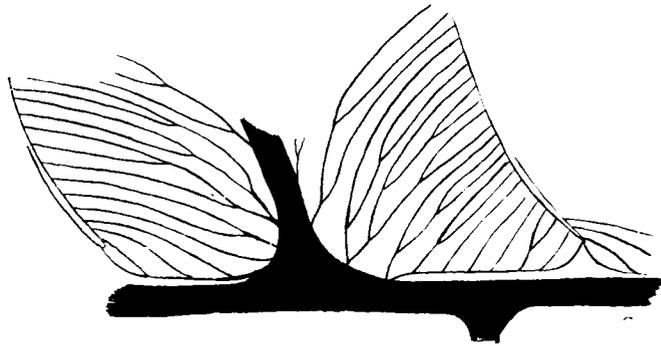
The remarkably complete specimen of a *Callipteridium* frond which has been figured by Zeiller (1888: Comentry, Pl. XIX), shows a number of morphological details which may well apply to the entire group (subgenus) of *Eucallipteridium*. In the first place, it has been observed by Zeiller and subsequent authors, that the alternate disposition of secondary pinnae in the lower part of the frond gradually gives way to a more clearly dichotomous manner of branching of the primary rachis in the upper part of the frond, which thus seems to have retained the more primitive condition.

Another important feature of the frond illustrated by Zeiller is the presence of small, monopinnate segments which occur as intercalated pinnae between large bipinnate pinnae of the first order on the primary rachis. These intercalated pinnae form a constant feature of *Callipteridium* fronds (in both *Præcallipteridium* and *Eucallipteridium*) and also occur in the related genus *Palaeoweichselia* (see P. Bertrand, 1932, textfig. 16 and Pls. XLIX-LII, LX-LVI).

The occurrence of intercalated pinnules is marked on Zeiller's specimen in the bipinnate pinnae of the first order. They are simple pinnules in the upper part of the pinnae, but become lobed and transformed into small pinnae in the lower part. The lobing of intercalated pinnules, which is clearly visible on Zeiller's (1888), Pl. XIX, fig. 2, has also been shown in a specimen of *Callipteridium gigas*, illustrated by Teixeira (1951, Est. I-III).

The pinnules of *Callipteridium* always show a broad insertion by the entire basal width and possess a perpendicular midvein with subsidiary veins arising apparently from the rachis at both sides of the midvein. The true nature of these so-called subsidiary veins has been discussed by Teixeira (1951, p. 6), who, contrary to common belief, maintained that they arose from basal nervules following a course parallel to the rachis (see textfig. 5). The close proximity of these basal veins to the rachis may usually render them invisible even in moderately well preserved specimens, thus simulating a derivation of subsidiary veins coming straight up from the rachis, instead of being given off by the midvein, as would really be the case.

Teixeira's interpretation of the nature of the subsidiary veins in *Callipteridium* coincides with that given by Bocheński (1960) for similar veins in *Alethopteris*. It seems that the proximity of the basal veins to the rachis would indeed provide a reasonable explanation for the apparent presence of subsidiary veins arising directly from the rachis, if these basal veins appear superposed on the rachis in pinna impressions. It is a fact that even well pre-



Textfig. 5:

Copy of Teixeira's (1951) textfig. 2, showing the presence of basal veins parallel to the rachis in a specimen belonging to *Callipteridium gigas* (von Gutbier).

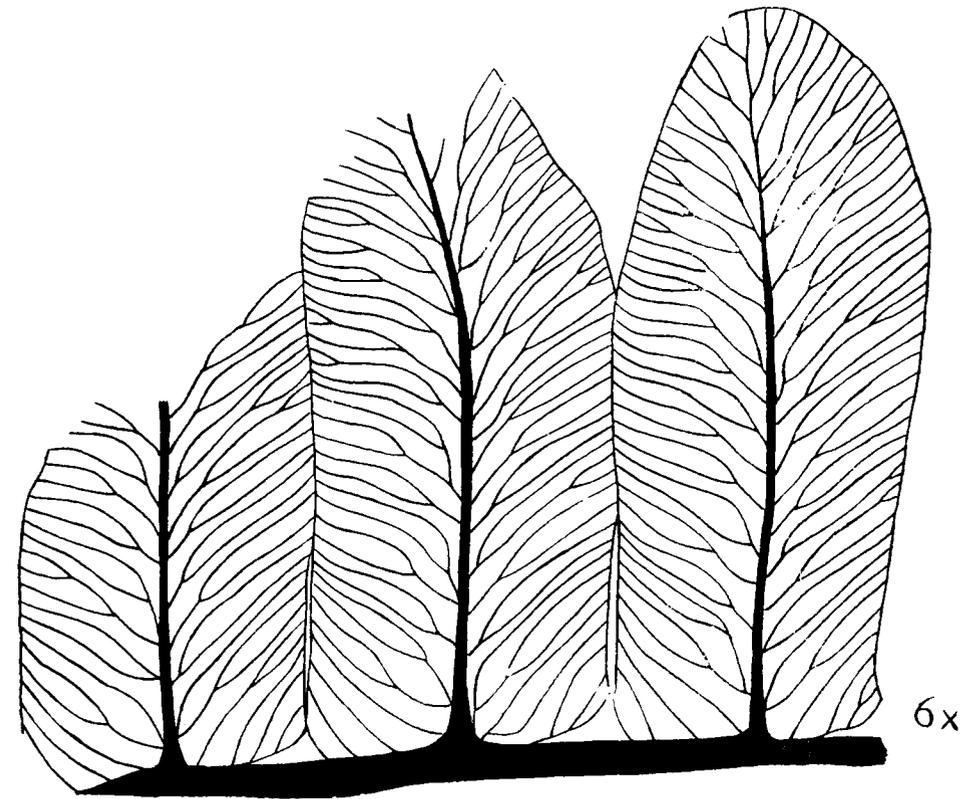
* * *

Copia de la figura 2, publicada por Teixeira (1951) in «Plantas fósseis do Permio-Carbónico português. II», que muestra la presencia de nervios basales, partiendo del nervio central y siguiendo un rumbo paralelo al raquis que puede hacerlos confundir con el raquis en ejemplares aún bastante bien preservados. La figura fue hecha de un ejemplar de *Callipteridium gigas* (von Gutbier).

served specimens of *Callipteridium* (as well as *Alethopteris*) may fail to show more than a slight portion of the basal veins, so that subsidiary veins appear to be present (compare textfig. 6).

Fructification:

Asama (1959, p. 65) described small seeds attached to rachis of the penultimate order in *Callipteridium koraiense* (Tokunaga) Kawasaki. He referred to the fructification as being of the *Emplectopteris* type, i. e. seeds attached near the pinnule bases. Unfortunately, the illustration provided of a seed-bearing pinna of *Callipteridium koraiense* by Asama (1959, Pl. XIV, fig. 1) is not very clear. Asama assigned *Callipteridium koraiense* to a special genus, *Konnoa* Asama, on the grounds that it only shows one intercalated pinnule between adjacent pinnae of the last order, as against several intercalated pinnules being often present between adjacent pinnae in *Callipteridium*. He also noted that the seed-bearing «*Konnoa koraiensis*» occurred in the East Asian Cathaysia province, whilst no fructification had ever been recorded for the Euramerian members of *Callipteridium*. The first-mentioned characteristic has been used in the past (Kawasaki, 1934) to distinguish *Callipteridium koraiense* (Tokunaga) from the similar looking *Callipteridium trigonum* Franke of the European Carboniferous. Although providing probably a valid distinction on the species level, it seems hardly important enough to



Textfig. 6.

Tracing of a photograph ($\times 6$) of some rather large pinnules of *Callipteridium zeilleri* Wagner (syntype), which have been excellently preserved in ironstone. They show indications of basal veins, although mostly these veins appear to be fused with the rachis, thus leaving subsidiary veins apparently arising directly from the rachis on both sides of the midvein. Locality: approximately 600 metres north of Villaseca, coalfield of Villablino (León); Stephanian C (coll. Kimpe, loc. 225). Cat. G. B. Heerlen 48319.

* * *

Calco sobre una fotografía ($\times 6$) de algunas pinnulas relativamente grandes de *Callipteridium zeilleri* Wagner (síntipo). Corresponden a impresiones de hojas magníficamente preservadas en siderosa. Muestran indicios de venas basales, paralelas al raquis, que generalmente se confunden con el raquis, así que los nervios saliendo de ellas parecen venir directamente del raquis a ambos lados del nervio central. El ejemplar fue encontrado por el doctor W. F. M. Kimpe a unos 600 metros aproximadamente al norte del pueblo de Villaseca, en la cuenca minera de Villablino (León), en capas del Estefanense C inferior (loc. K. 225). Pertenece a las colecciones del «Geologisch Bureau» de Heerlen, Holanda (Cat. núm. 48319).

warrant a generic differentiation. The number of intercalated pinnules between adjacent pinnae is sometimes found to be a variable feature even within the same frond. The absence of information on the female fructification of Euramerian *Callipteridium* can certainly not be used as a basis for systematic subdivision, so that *Konnoa* should be regarded as a junior synonym of *Callipteridium*, until more data about the fructifications of the various species of *Callipteridium* become available.

Male fructifications of *Callipteridium* have not yet been recorded from anywhere in the world.

Callipteridium (Eucallipteridium) gigas (von Gutbier) Weiss

Pl. 19, fig. 47; Pl. 20, figs. 48-50 a

Selected synonymy:

1849. *Pecopteris gigas* von Gutbier: Rothliegenden Sachsen (*in* Geinitz & von Gutbier: Versteinerungen Zechsteingeb. u. Rothliegenden), p. 14, Taf. VI, figs. 1-3; ? Taf. IX, fig. 8 (mentioned as fig. 7 in the plate explanation).
1870. *Callipteridium gigas* Weiss: Studien über Odontopteriden, *Zeitschr. Deutsch. geol. Ges.*, XXII, p. 879.
1886. *Callipteridium gigas* Sterzel: Rothligendes N. W. Sachsen, *Fal. Abh.*, III, 4, p. 283, Taf. XXVII, fig. 4.
1888. *Callipteridium gigas* Zeiller: Commeny, 1, p. 199-201, Pl. XX, figs. 1-3.
1890. *Callipteridium gigas* Grand'Eury: Gard, p. 292, Pl. XIX, figs. 2-4.
1912. *Callipteridium gigas* Franke: Beiträge z. Kenntnis der paläozoischen Arten von Alethopteris u. Callipteridium, *Inaug. Diss. Berlin*, p. 112-116, figs. 1-2 (also *in* H. Potonié, 1913: *Abb. u. Beschr. foss. Pflanzen-Reste*, Lief. IX-180, p. 1-5, figs. 1-2).
1930. *Callipteridium gigas* Mathieu: Flore Stéphanienne du Bassin Houiller de Langeac (Haute-Loire), *Ann. Soc. géol. Nord*, LV, p. 83, Pl. VI, fig. 5.
1939. *Callipteridium gigas* Teixeira: Contribuição para o estudo do Estefaniano dos arredores do Porto, *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ci. Porto*, XI, p. 9-10, Est. IV, figs. 1-2; Est. V, fig. 1; Est. VI-VII.
1944. *Callipteridium gigas* Teixeira: O Antracólítico continental Português, *Bol. Soc. Geol. Portugal*, V, 1-2, p. 24, fig. 7; p. 74, Est. XIII, fig. 4; Est. XIV, fig. 1.
1946. *Callipteridium gigas* Teixeira: Fósseis vegetais das sondagens em São Pedro da Cova, *Serviço Fomento Mineiro, Inst. Port. Combustíveis, Dir. Gen. Minas e Serv. Geol.*, p. 7, 8, 10, 11, 12; p. 17, fig. 2; p. 27, figs. 6-7; p. 37, fig. 5; p. 43, figs. 3-4; p. 45, fig. 1; p. 51, figs. 5-6, 9.
1950. *Callipteridium gigas* Gómez de Larena: Carbonífero de Cñera-Matallana (León), *Estudios Geológicos*, VI, 11, p. 77.
1951. *Callipteridium gigas* Teixeira: Plantas fósseis do Permo-Carbónico português, II, *Com. Serv. Geol. Portugal*, XXXII, p. 5-8, Est. I-V.
1956. *Callipteridium gigas* Wagner, *in* Kanis: Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo (Palencia-Spain), *Leidse Geol. Mededelingen*, XXI, p. 420, Pl. 2, fig. E.
1956. *Callipteridium gigas* Doubinger: Flores autuno-stéphanienues, *Mém. Soc. géol. France (N. S.)*, XXXV, p. 95-96.
1956. *Pecopteridium magnum* Doubinger: *Ibid.*, p. 98, Pl. III, fig. 1.
1959. *Callipteridium gigas* W. & R. Remy: Pflanzenfossilien, p. 202, 204, Abb. 169.
1959. *Callipteridium gigas* Wagner: Flora fósil y estratigrafía del Carbonífero de España NW. y Portugal N., *Estudios Geológicos*, XV, p. 406, 407, 410, 411, 413, 414.
1960. *Callipteridium gigas* Wagner, *in* Kanis: Investigaciones geológicas en la zona oriental de la Sierra del Brezo, *Estudios Geológicos*, XVI, p. 139, lám. III, fig. E (same as *in* Kanis, 1956).
1961. *Callipteridium gigas* Doubinger & Mouline: Flore fossile du Carbonifère de Larroum et de l'Abantelly (Basses-Pyrénées), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 253, p. 3030.
1962. *Callipteridium gigas* Wagner: Stratigraphy and Floral Succession, NW. Spain, *C. R. 4^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1958*, III, p. 757, Pl. 30, figs. 7-8, 8 a.
1962. *Callipteridium gigas* Wagner: Sur le terrain houiller de Cñera-Matallana (León, Espagne), *C. R. Acad. Sci. Paris*, 254, p. 2394.
1963. *Eucallipteridium gigas* Wagner: Sur les *Callipteridium* du Westphalien supérieur et du Stéphanien, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 257, p. 721.
1963. *Callipteridium gigas* Wagner: Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga, *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 87, 91, 93, 99, 101, 102, 105, 109.
1964. *Callipteridium gigas* Wagner: Stephanian Floras in N. W. Spain, *C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963*, II, p. 838-843, Pl. II, fig. 16 (same as figured *in* Kanis, 1956, Pl. 2, fig. E).

1965. *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *gigas* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 39, 50, 52, 57, 61, 64, 76, 79, 106, 107, 136, 138, Pl. 42, fig. 91, Pl. 43, fig. 92 (enlargement of specimen figured in Wagner, 1962, Pl. 30, fig. 7), Pl. 59, fig. 124.

Description:

*Fron*d at least bipinnate.

Pinna of the penultimate order (first order or termination of the frond?) characterised by a slender apex with rapidly lengthening pinnules which lobe and form pinnae of the last (second) order (cf. Pl. 20, fig. 48). The basal catadromous pinnule of each side pinna slides gradually down the penultimate rachis, where it eventually becomes completely intercalated between pinnae of the last order. Further down the penultimate rachis it is usually joined by one or two more intercalated pinnules, which may ultimately lobe so as to form intercalated pinnae (see the specimen figured by Teixeira, 1951, Est. I-III).

Rachis of the penultimate order may be rather thick or more slender, depending on the position in the frond (0.5 to 5 mm wide).

Pinna of the last order gradually tapering towards a small apical pinnule.

Rachis of the last order is relatively thin (about 0.5 mm wide) and typically square in transverse section (like in all *Callipteridium*).

Pinnules are close together, touching at the sides. They are typically inserted at right angles to the supporting rachis, united at the base over a very short part of their length (usually about one sixth to one tenth of the pinnule length) and show parallel borders with slightly tapering, rounded apices. The top of the pinnules is slightly curved towards the acroscopic side, thus giving a subfalcate aspect to the larger pinnules. The shape of the pinnules may be characterised as linear to sublinear, with a subfalcate apex. The dimensions vary from 2 by 4 mm to at least 4 by 10 mm, depending on the position in the pinna and within the frond. The pinnules are markedly bilateral symmetric and usually appear to have a somewhat vaulted lamina.

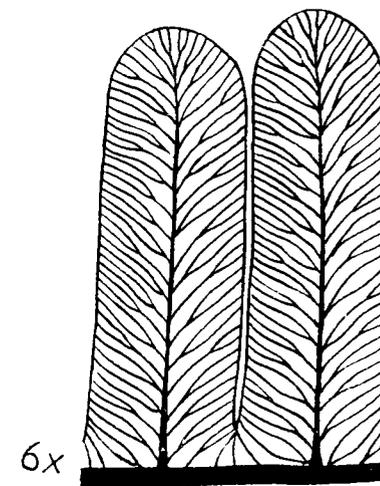
Midvein distinct, rather thin. It stands perpendicular to the rachis and persists until slightly below the pinnule apex.

Nervules are rather fine, numerous (approximately 40 to 45 vein endings per cm on the pinnule border) and mainly twice forked at irregular intervals. They follow a fairly straight course and reach the pinnule border at an angle of about 60°. Subsidiary veins appear to be present at both sides of the midvein in approximately equal numbers.

Fructification unknown.

Diagnosis:

Callipteridium gigas is mainly characterised by its fairly long, sublinear, often slightly subfalcate pinnules with a distinct, rather persistent midvein and close, numerous, not very oblique laterals (40 to 45 vein endings per cm). Also the short terminals are distinctive.



Textfig 7:

Tracing of some pinnules of *Callipteridium gigas* (von Gutbier) which belong to the specimen reproduced on Pl. 20, fig. 50, six times enlarged to show details of the venation.

Calco sobre el aumento por seis de la fotografía que reproduce el ejemplar de *Callipteridium gigas* (von Gutbier), figurado por la lámina 20, fig. 50.

Comparisons:

Callipteridium (*Eucallipteridium*) *pseudogigas* Wagner is similar to *Callipteridium gigas* (von Gutbier), with the exception of the venation which is wider in the former species (some 25 vein endings per cm) (see Wagner, 1965, Pl. 38, figs. 82, 82 a).

Callipteridium densinervium Wagner (= *Callipteridium regina* Zeiller, non Roemer) has generally broader pinnules with a denser venation (some 50 veins per cm) characterised by very steeply ascending nervules and a correspondingly less well developed midvein (cf. Wagner, 1962, Pl. 30, figs. 9, 9 a; 1965, Pl. 38, fig. 81).

Callipteridium (*Eucallipteridium*) *trigonum* Franke has about the same density of venation as *Callipteridium gigas* (von Gutbier). However, the pin-

nules are elongate triangular and the venation is relatively steeper in *Callipteridium trigonum* (see Franke, 1912; Oehrle, 1958).

Callipteridium (Eucallipteridium) zeileri Wagner (= *Callipteridium pteridium* Zeiler, non von Schlotheim) is characterised by subtriangular pinnules with a relatively wide nervation (approximately 25 to 35 veins per cm), as against sublinear pinnules with closely spaced nervules in *Callipteridium gigas*.

Callipteridium (Eucallipteridium) striatum Wagner has the same density of nervation as occurs in *Callipteridium gigas* (von Gutbier) and certain elongate pinnules of the former species can be confused with ordinary pinnules of the latter. However, in general, the pinnules of *Callipteridium striatum* are subtriangular in shape and not sublinear, as in *Callipteridium gigas*.

Remarks:

The specimens of *Callipteridium gigas* (von Gutbier) figured in the present paper are typical and present no problems of identification. The termination of a major pinna (or the frond?), which has been figured on Pl. 20, figs. 48, 48 a, shows the gradual increase in size of the pinnules from the terminal downwards and the lobing into pinnae of the last order. There is a rapid increase in size of those pinnae as well as in the length of individual pinnules. The ultimate size of pinnules is indicated by the two fragments of pinnae of the last order which occur alongside the pinna termination figured on Pl. 20, fig. 48. Occasionally, even more robust pinnules may occur. Isolated pinnules of 22 mm length and 8 mm width have been collected from *loc. 1068* (not figured), but these are exceptionally large.

The termination of a major pinna figured on Pl. 20, fig. 48 also shows the gradual introduction of intercalated pinnules on the penultimate rachis. They first occur as lobes on the basiscopic side of lobing pinnules forming a transition to pinnae of the last order. These basiscopic lobes occupy an axillary position. With increasing growth of the young pinna of the last order the axillary lobe becomes a pinnule which is squarely implanted on the rachis of the penultimate order and which is clearly intercalated between the pinnae. In due time it may be followed by one or more intercalated pinnules gliding down the rachis on the basiscopic side of the pinnae. Eventually, in the lower part of a major pinna, the intercalated pinnules may lobe themselves, thus forming apparent pinnae intercalated on the penultimate rachis (see the specimens figured by Teixeira, 1951, Est. I-III; Mathieu, 1930, Pl. VI, fig. 5; and Doubinger, 1956, Pl. III, fig. 1, the latter under the name of *Pecopteridium magnum*).

Pl. 20, fig. 49 shows a typical termination of a pinna of the last order which possesses a very small apical pinnule. The very gradual tapering of the terminal as well as the small apical pinnule form typical characteristics of *Callipteridium gigas*. Pl. 20, fig. 50 reproduces a pinna fragment with average size pinnules, the nervation of which is shown on Pl. 20, fig. 50 a and in textfig 7.

Stratigraphic distribution:

The species occurs throughout the Stephanian and persists into the Autunian. According to Remy (1959, p. 204), it is most typical of highest Stephanian and Autunian strata. In N. W. Spain it has mainly been found in rocks of Stephanian B and C ages, but it appears already in lower Stephanian A beds (see Kanis, 1956, Pl. 2, fig. 12), where it occurs in association with such predominantly Westphalian elements as *Mariopteris nervosa* (Brongniart), *Neuropteris scheuchzeri* Hoffmann and *Alethopteris grandinoides* Kessler. *Callipteridium gigas* is relatively rare in comparison with *Callipteridium striatum* and *Callipteridium zeileri*.

Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:

Examples of *Callipteridium gigas* have been found in the tip of the Ibarra Colliery (*loc. 351 = 1143*), tip immediately east of Villar del Puerto (*loc. 1057*), roadside exposure northeast of Pola de Gordón (*loc. 1076*), tip of exploratory workings on the northern slope of the Cueto de San Mateo (*loc. 1068*), tip of the seam Umbelina (*loc. 1137*), outcropping shales in the core of the Llombera syncline east of the Cueto de San Mateo (*loc. 1138*), tip of the mine at Coladilla (*loc. 1158*), shales at 295 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section (*loc. 1265*), shales at some 440 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section (*loc. 1271*), 416 metres above *Leaia* band in Esperanza valley section (*loc. 1272*), at 0.36 centimetres higher in the Esperanza valley section (*loc. 1273*), some 540 metres above the first *Leaia* band in the section of Cotil de Fierros (*loc. 1286*), roof-shales of a non-workable seamlet in the Lower Coal-Bearing formation which crops out in the path leading to the workings of Bardaya (*loc. 1319*), some 36 metres below seam Alvaro in the section east of Picalin Colliery (*loc. 1411*), shales of the Bienvenidas formation in the Valcayo section (*loc. 1426*), shales of the Bienvenidas formation higher up in the Valcayo section (*loc. 1430*), shales at 3½ metres below the Alvaro seam in the Valcayo section (*loc. 1444*). *Callipteridium gigas* thus ranges throughout the succession in the Ciñera-Matallana coalfield.

***Callipteridium (Eucallipteridium) cf. pseudogigas* Wagner**

Pl. 24, figs. 60, 60 a.

1960. *Callipteridium pseudogigas* Wagner, in Jongmans: Karboniflora der Schweiz. *Beiträge Geol. Karte Schweiz (N. F.)*, 108, p. 66, Taf. 27, fig. 150; Taf. 28, figs. 150 a, 1-2.
1965. *Callipteridium (Eucallipteridium) pseudogigas* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 137-139, Pl. 38, figs. 82, 82 a (this paper contains a full description of the species).

Description of the specimen in hand:

A single fragment of the apical part of a pinna of the last order which shows fairly large, sublinear to slightly tapering pinnules with rounded apices. The pinnules are relatively broad (dimensions: 10 to 14 mm long and 5 1/2 to 8 mm wide) and are clearly confluent at the base. A well-marked midvein is found over about three fourth of the pinnule length. Lateral veins, usually forking twice at irregular intervals, reach the pinnule border obliquely. There are approximately 30 veins per cm on the pinnule border.

Remarks:

The fairly wide spacing of the veins in the specimen at hand invites comparison with both *Callipteridium pseudogigas* Wagner and *Callipteridium zeilleri* Wagner. The former of these species is further characterised by linear to sublinear pinnules similar to those of the more densely veined *Callipteridium gigas* (von Gutbier). It seems that the almost sublinear shape of the pinnules in the specimen discussed here suggests a possible identification with *Callipteridium pseudogigas*. On the other hand, the rather broad pinnules of this specimen differ in length/breadth ratio from the usually more slender pinnules of the species suggested. Pinnules belonging to *Callipteridium zeilleri* are mainly subtriangular in shape and thus seem to differ from the more nearly sublinear pinnules of the specimen in hand. Some of the larger pinnules of *Callipteridium zeilleri*, occurring in the lower parts of major pinnae, may however become more elongate and thus may simulate a sublinear shape (compare textfig 6). Although it is here preferred to compare the specimen in hand with *Callipteridium pseudogigas*, it is freely admitted that identification with pinnules in the lower parts of pinnae of *Callipteridium zeilleri* is also possible.

Occurrence:

The specimen described here has been collected from the tip of the Ibarra Colliery (*loc. 351*) in the northwestern part of the Ciñera-Matallana coalfield. It occurs as an impression on dark grey, fine-grained shales which mainly contain ostracodes (*Carbonita*). It therefore may be regarded as originating from ostracode shell bands below the main coals of the Lower Coal-Bearing formation in this part of the coalfield.

***Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner**

Pl. 21, figs. 51-53; Pl. 22, figs. 57, 57 a.

- Cf. 1906. *Callipteridium gigas* Zeiller, non von Gutbier: Blanzy et Creusot, p. 66-67, Pl. XVII, fig. 1.
1963. *Callipteridium striatum* Wagner: Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 88, 90, 91, 94, 95, 96, 106.
1933. *Eucallipteridium striatum* Wagner: Sur les *Callipteridium* du Westphalien supérieur et du Stéphanien. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 257, p. 721.
1964. *Callipteridium striatum* Wagner: Stephanian Floras in N. W. Spain. *C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris, 1963*, II, p. 838, 839, 841, 843, 846, Pl. II, figs. 17-18 a.
1965. *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 50, 79, 107, Pl. 41, fig. 90.

Description:

Fronde at least bipinnate.

Pinna of the last order gradually tapering into a well developed, elongate terminal. Pinnae are inserted at angles of about 60°.

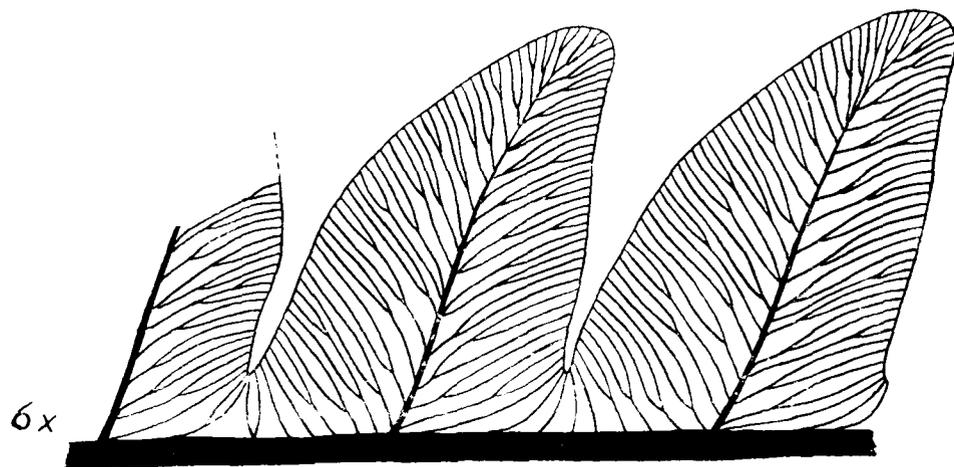
Rachis of the last order fairly thin (0.5 mm wide) and typically square in transverse section.

Pinnules are bluntly triangular or subtriangular, with rounded apices. They are generally just a little longer than they are broad, but may be relatively longer in the lower parts of pinnae (dimensions: 5 to 10 mm long and 4 to 6 mm wide in average size pinnules). The insertion is mainly slightly oblique to the supporting rachis. The pinnules are clearly confluent at the base. Intercalated pinnules occur between pinnae of the last order (cf. Pl. 21, figs. 53, 53 a).

Midvein is clearly marked till about halfway or two thirds up the pinnule (or even higher in the longer pinnules). It is non-decurrent and perpendicular on the supporting rachis.

Nervules are rather steeply ascending from the midvein and reach the pinnule border obliquely. They are fine and rather numerous (some 40 to 45 veins per cm. on the pinnule border), and fork once or twice at irregular intervals. Subsidiary veins are apparently present on both sides of the midvein.

Fructification unknown.



Textfig 8:

Tracing of a photographic enlargement ($\times 6$) of some pinnules out of the syntype of *Callipteridium striatum* which has been figured on Pl. 21, figs. 51, 51 a.

* * *

Calco sobre la fotografía del sintipo de *Callipteridium striatum* figurado por la lamina 21, figuras 51, 51 a, que está aumentada seis veces para mostrar los detalles de la nervación, fina y apretada.

Diagnosis:

Callipteridium (Eucallipteridium) striatum is characterised by subtriangular pinnules with rounded apices, a well-marked, non-persistent midvein and oblique, crowded lateral veins (about 40 to 45 veins per cm). It also possesses a full complement of intercalated pinnules on the penultimate rachis and shows well developed, elongate terminals to the pinnae of the last order.

Types:

The specimens figured on Pl. 21, figs. 51, 51 a and 52, 52 a are syntypes of *Callipteridium striatum* Wagner. They have been collected from measures of the San José formation in the Ciñera-Matallana coalfield (loc. 355: east of the Cueto de San Mateo) and are housed in the «Geologisch Bureau» at Heerlen, The Netherlands (Catalogue n.º 47794). The specimen figured on Pl. 21, figs. 53, 53 a was previously named as another syntype (Wagner, 1964, Pl. II, figs. 18, 18 a), but cannot be maintained in that category (see below under Remarks on type specimens).

Comparisons:

The pinnules of *Callipteridium striatum* Wagner are identical in shape to those of *Callipteridium zeilleri* Wagner, but differ in the nervation which is wider in the latter (some 40 to 45 veins per cm in *Callipteridium striatum*, as against 25 to 35 veins per cm in *Callipteridium zeilleri*). It seems possible and even likely that the wide-veined *Callipteridium zeilleri* evolved from the more densely veined *Callipteridium striatum*, which precedes it in time. Both species apparently grade into one another and it may sometimes be difficult to assign certain intermediate specimens to either one or the other species.

Callipteridium (Eucallipteridium) gigas (von Gutbier) shows a nervation of equal density to that of *Callipteridium striatum*, but has mainly sublinear pinnules which are different in shape from the typically subtriangular pinnules of the latter. Confusion may only arise when relatively long pinnules in the lower parts of pinnae of *Callipteridium striatum* are involved.

Remarks on affinities:

Specimens of *Eucallipteridium* characterised by subtriangular pinnules have usually been identified in the literature as *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) Zeiller. It was observed by the writer (Wagner, 1962, Pl. 30, explanation of plate) that two different forms seemed to be present. One of these forms showed relatively small pinnules as well as a small, rounded terminal to the pinnae of the last order. This form apparently corresponded to the species originally described by von Schlotheim (1804), and thus could be retained as *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) *sensu stricto*. It could well be restricted to the higher Stephanian and Autunian of Central Europe. The other form recorded in the literature appeared to be characterised by

somewhat more robust pinnules and markedly elongate, slender terminals to the pinnae of the last order. It had been frequently figured from Stephanian beds in Central France and was particularly well known after illustrations provided by Zeiller (*in* Renault & Zeiller, 1888) from the flora of Commeny. Apparently identical specimens were found in Stephanian strata of N. W. Spain. In order to distinguish *Callipteridium pteridium* Zeiller (*non* von Schlotheim) from *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) proper, it was decided to recognise this form as a separate species, to be called *Callipteridium zeilleri* Wagner. A short diagnosis of this species was provided in 1962 and a more extensive description appears in the present paper (page 30).

Typical material of *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner shows a fairly wide nervation, with approximately 25 to 35 veins per centimetre on the pinnule borders. Such typical specimens are almost exclusively found from the middle to upper Stephanian B onwards. In earlier strata, a morphologically similar form is represented with more closely spaced nervules, up to some 45 nervules per cm on the pinnule borders. Transitional specimens, with a nervation of intermediate density, are found from the higher Stephanian A onwards. It may therefore be supposed that a rather densely veined form of early Stephanian age has gradually been replaced by a more widely veined form of later Stephanian age. Although the limits between these two forms may be difficult to establish, due to transitional types being found, it has been decided to recognise two different species, one of which is the wide-veined *Callipteridium zeilleri*, of mainly late Stephanian B and Stephanian C ages, whilst the other form has been described as the more densely veined *Callipteridium striatum* Wagner. The latter species was briefly diagnosed *in* Wagner, 1964 (page 846, Pl. II, figs. 17-18 a). It has now been described more adequately in the present paper.

It is thus suggested that *Callipteridium striatum*, which may occur in beds of middle Stephanian A to middle Stephanian B ages (see Stratigraphic distribution), slowly evolved into *Callipteridium zeilleri*, the first representatives of which may have doubtfully appeared in late Stephanian A times, but which more clearly characterised late Stephanian B and Stephanian C times (compare Wagner, 1964, p. 844).

In its turn, *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner may have been derived from a comparable species of *Pracallipteridium*, which gradually acquired a full complement of intercalated pinnules on the rachis of the penultimate order. A likely precursor is *Callipteridium (Pracallipteridium) jongmansii* (P. Bertrand) Wagner which possesses subtriangular pinnules with a nervation of comparable density to that of *Callipteridium striatum*. The type specimens of *Callipteridium jongmansii* have been described under the name of *Pecopteridium jongmansii* by P. Bertrand (1932) from the Saar re-

gion. They were fragments of pinnae of the last order which, due to their incomplete preservation, could not possibly show the absence or presence of intercalated pinnules. However, they originated from Westphalian D strata and thus were likely to belong to *Pracallipteridium* (= *Pecopteridium* P. Bertrand *pars*, *non* Fontaine & White), since no species of *Eucallipteridium* seemed to have been evolved yet at that time. Also, a fairly complete representation of *Callipteridium jongmansii* has been found in approximately middle Stephanian A strata of the Barruelo coalfield (Peñacorba beds) in northeastern Palencia. Those specimens showed intercalated pinnules to be present in at least the higher part of pinnae of the penultimate order (see Wagner, 1962, Pl. 30, fig. 12), whilst they still appeared to be absent from the lower parts of pinnae. It appeared that the specimens of *Callipteridium jongmansii* from the Barruelo coalfield belonged to an intermediate stage in the development of intercalated pinnules within the *Callipteridium* group, and thus linked *Pracallipteridium* with *Eucallipteridium*. A full description and illustration of the many specimens of *Callipteridium jongmansii* from Stephanian A beds in the Barruelo coalfield finds no place in the present paper and will have to be postponed till a suitable opportunity is found.

Apart from the apparent development of *Pracallipteridium jongmansii* into a form of *Eucallipteridium*, as seems to be indicated by the material from Barruelo, there may be a gradual change in size of the ordinary pinnules which appear to become gradually more robust in the course of time. *Callipteridium (Pracallipteridium) jongmansii*, of about middle Westphalian D to middle Stephanian A age, shows rather slender, often fairly small pinnules. Apparently, these are replaced by generally more robust pinnules of *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* type during middle to upper Stephanian A times. The succeeding *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* also shows fairly robust pinnules, which may even become relatively larger than those of *Callipteridium striatum* in the course of its evolution. It cannot be stressed too much that these changes are all effected very gradually and may not be readily apparent if not a reasonably full range of specimens has been found.

Some comments on the apparent progression of forms assigned to *Callipteridium jongmansii*, *Callipteridium striatum* and *Callipteridium zeilleri* were given already *in* Wagner, 1964, p. 844.

Remarks on synonymy:

Zeiller (1906), in his description of the flora of Blanzy and Creusot *in* Central France, has figured the terminal part of a pinna of the penultimate order which shows subtriangular pinnules with a rather dense nervation. In

view of the closely spaced nervules, and also because he observed some apparently more linear-shaped pinnules on the same slab of rock (not figured), he assigned the specimen in question to *Callipteridium gigas* (von Gutbier) Weiss. However, the subtriangular shape of the pinnules is atypical for *Callipteridium gigas*. It may be possible that Zeiller's specimen should rather be assigned to *Callipteridium striatum* Wagner, which is characterised by subtriangular pinnules showing a nervation of comparable density to that of *Callipteridium gigas*. Specimens which are extremely similar to the one figured by Zeiller (1906), have recently been found by the writer on the tip of the mine at Prado de la Guzpeña (loc. 1044), in northeastern León. These specimens are also referred to *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* (cf. Wagner, 1964, Table 11).

Remarks on type specimens:

The species *Callipteridium striatum* has first been briefly diagnosed in 1963 (C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963). At the same time two specimens were figured as syntypes. Both were stated to have come from the same locality, viz. the tip of the mine Conchita, near Lombera, in the Ciénra-Matallana coalfield (loc. 356). However, a mistake was made in this respect, since only one of these specimens was obtained from the locality stated, whereas the other specimen came from the tip of an abandoned mine east of the Cueto de San Mateo, in same coalfield (loc. 355). It is the latter specimen (Wagner, 1964, Pl. II, fig. 17), which is presently retained as a syntype of *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner (see Pl. 21, figs. 51, 51 a and textfig. 8). It is being joined by another specimen from the same locality east of the Cueto de San Mateo (loc. 355), which is named as a second syntype (Pl. 21, figs. 52, 52 a). These two specimens illustrate ordinary pinnules of both the more common, rather short subtriangular shape and the more elongate type which occurs lower down the pinnae. The nervation of the well-preserved first syntype has been further illustrated by a nervation diagram (textfig. 8).

The fragment of a penultimate pinna showing intercalated pinnules, which was originally figured in Wagner, 1964 (Pl. II, figs. 18, 18 a), could not be retained as a syntype because of its derivation from a locality different from that recognised here as the type locality. This specimen has been refigured on Pl. 21, figs. 53, 53 a, of the present paper. Its characteristics fit in well with those of the syntypes figured on the same plate. Particularly, its densely spaced nervules are well preserved.

Stratigraphic distribution:

The earliest clearly recognisable remains of *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* have been found on the tip of the mine at Prado de la Guzpeña (N. E. León, Spain) which probably contains strata of approximately middle Stephanian A age. Comparable fragments of pinnae of the last order, representing a species characterised by subtriangular pinnules with a dense nervation, were encountered in lower Stephanian A rocks of the region of Tejerina, in N. E. León. The latter fragments were attributed to *Callipteridium (Pracallipteridium) jongmansii* however (Wagner, 1964, Table 1). It is possible that the transition between *C. jongmansii* and *C. striatum* took place in lower to middle Stephanian A times. *Callipteridium striatum* still occurred frequently in Stephanian B rocks, but does not seem to have carried over into Stephanian C. In fact, the transition from *C. striatum* to *C. zeilleri*, which may have commenced during late Stephanian A times, apparently was completed at the end of Stephanian B.

Occurrence in the region of Ciénra-Matallana:

Callipteridium (Eucallipteridium) striatum has been found in numerous localities of the Ciénra-Matallana coalfield and its outliers, viz. in the tip of the seam Pastora in the southwestern part of the coalfield (loc. 338), the tip of an abandoned mine at some 550 metres east of the Cueto de San Mateo (loc. 355: type locality), tip of the mine Conchita near Lombera (loc. 356), shales of the Lower Coal-Bearing formation east of Vegacervera (loc. 926), tip of the mine San Francisco near Correcillas (loc. 931), shales in the hillside immediately west of Villar del Puerto (loc. 1063), tip of the mine La Gamonera (loc. 1075), roof-shales of a non-workable seamlet in the road-cutting at about 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099), tip of the mine El Oro (loc. 1132), shales at 159 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section (loc. 1251), roof-shales at approximately 210 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section (loc. 1258), shales at 356 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section (loc. 1268), roof-shales of the seam Estrecha in the La Gamonera mine (loc. 1320), shales of the Bienvenidas formation in the Valcayo section (loc. 1429). Most of these localities are in the Lower Coal-Bearing formation, Roguera and San José formations, which are believed to correspond to lower and middle Stephanian B respectively. Only two localities (viz. loc. 1268 and loc. 1429), belong to the overlying Bienvenidas formation. No localities for *Callipteridium striatum* have yet been found in the Matallana formation, corresponding to probable upper Stephanian B, where *Callipteridium zeilleri* occurs instead.

***Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner**

Pl. 22, figs. 54-56; Pl. 23, figs. 58-59.

- ?1834. *Pecopteris ovata* Brongniart: Histoire des végétaux fossiles. I, p. 328, Pl. 107, figs. 4, 4^v.
1879. *Callipteridium ovatum* Zeiller: Végétaux fossiles du Terrain Houillier. Expl. Carte géol. France, IV, p. 66-67, Pl. CLXVI, figs. 3-4 (either *C. zeilleri* or *C. striatum*).
1888. *Callipteridium pteridium* Zeiller, non von Schlotheim: Commentry, I, p. 194-199, Pl. XIX, figs. 1-3^v.
1890. *Callipteridium pteridium* Zeiller, non von Schlotheim: Autun et Épinac. I, p. 76, Pl. VIII, fig. 13 (non fig. 12 = *Callipteridium gigas* v. Gutb).
1951. *Callipteridium pteridium* Teixeira, non von Schlotheim: Plantas fósseis do Permo-Carbónico português. II. Com. Serv. Geol. Portugal, XXXII, p. 8-9, figs. 4-6, Est. VI-VII.
1952. *Callipteridium pteridium* P. & A. Hernández Sampelayo, non von Schlotheim: Bembibre (León). Expl. Mapa Geol. España 1:50,000, Inst. Geol. Min. España, 159, p. 33 (including also lám. IX, fig. 1: under the name of *Mariopteris muricata*; lám. IX, fig. 4: under the name of *Cordaianthus* sp.; lám. X, fig. 1: under the name of *Alethopteris serlii*).
1952. *Callipteridium* cf. *gigas* Wagner (non von Gutbier), in Wagner & Wagner-Gentis: Aportación al conocimiento de la geología de Barruelo (Palencia). Estudios Geológicos, VIII, 16, lám. LXXI, figura 3 (transitional with *C. striatum* Wagner).
1956. *Callipteridium pteridium* Wagner (non von Schlotheim), in Anónimo: Flora característica de la cuenca de Villablino (León). Minería-Siderúrgica de Ponferrada, S. A., lám. 16.
1962. *Callipteridium zeilleri* Wagner: Stratigraphy and Floral Succession, N. W. Spain. C. R. 4^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1958, III, p. 757, Pl. 30, figs. 10-11, 11 a.
1962. *Callipteridium zeilleri* Wagner: Sur le terrain houillier de Ciñera-Matallana (León, Espagne). C. R. Acad. Sci. Paris, 254, p. 2394, 2395.
1963. *Callipteridium zeilleri* Wagner: Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga. Bol. Inst. Geol. Min. España, 74, p. 88, 93, 97, 101, 103, 104, 109, 110, non p. 105 (= *C. striatum*).
1963. *Eucallipteridium zeilleri* Wagner: Sur les *Callipteridium* du Westphalien supérieur et du Stéphanién. C. R. Acad. Sci. Paris, 257, p. 721.

1964. *Callipteridium zeilleri* Wagner: Stephanian Floras in N. W. Spain. C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963, II, p. 838-839, 841-844.
1965. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. Mem. Inst. Geol. Min. España, 66, p. 30, 39, 41, 43, 52, 53, 54, 55, 57, 60, 61, 63, 68, 79, 108, 109, Pl. 16, fig. 32; Pl. 44, fig. 93; Pl. 55, fig. 116; Pl. 56, fig. 118; Pl. 67, figs. 138-140 (syntype), fig. 141.

Description:

*Fron*d tripinnate, with alternate pinnae of the first order in the lower part of the frond gradually giving way to dichotomous branches of the primary rachis in the top part: primary rachis studded with small accessory pinnae of the last order which are intercalated between pinnae of the first order (organisation of the frond based on the specimen published by Zeiller, 1888: Commentry, Pl. XIX—see also textfigure 4 of the present paper).

Raches fairly robust or more slender, depending on the position in the frond: the raches of the last order are typically square in transverse section.

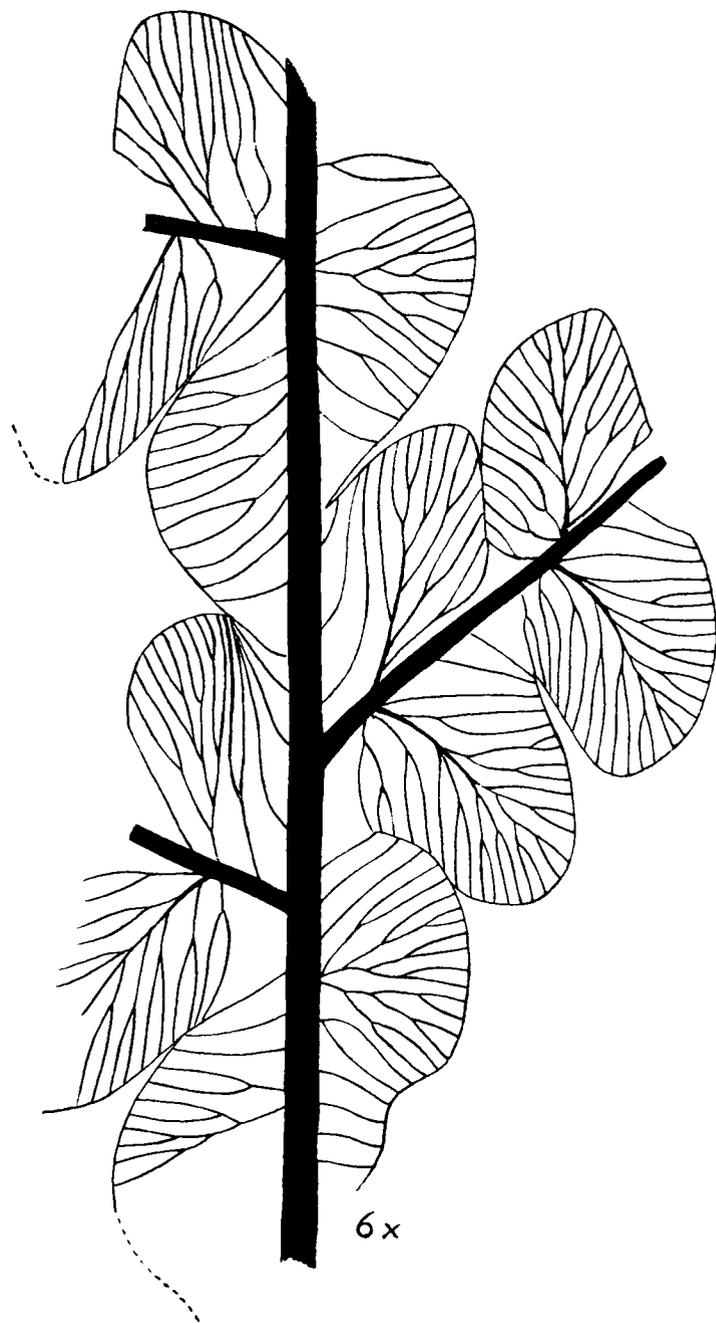
*Pinn*ae of the last order are characterised by a long and slender, lanceolate terminal; pinnae are inserted at a wide angle (60° to 80°).

*Pinn*ules are typically subtriangular, with rounded apices (the typical subtriangular shape may be less obvious in somewhat lengthened pinnules in the lower parts of pinnae: these show parallel borders in the lower part of the pinnule and tapering borders in the upper part). The pinnules are usually only a little longer than they are broad (dimensions: on the average about 7 to 9 mm long and 5 to 6 mm broad), but they may be lengthened to the extent of becoming about 2 to 2½ times longer than broad (about 16 by 6 mm in a rather extreme case of a lengthened, non-lobing pinnule). The insertion of the pinnules is almost perpendicular or very slightly oblique to the supporting rachis. The pinnules are clearly confluent at the base. Intercalated pinnules occur throughout the primary pinnae between pinnae of the last (second) order.

*Mid*vein well-marked till about halfway or two thirds up the pinnule (or even higher if the pinnule is excessively long).

*Ner*ves rather steeply ascending to the pinnule border or somewhat less so in exceptionally long pinnules. The veins fork once or twice at irregular intervals. They are rather widely spaced (some 25 to 35 veins per cm on the pinnule border). Subsidiary veins are present on both sides of the midvein. The nervation is typically bilateral symmetric.

Fructification unknown.



Diagnosis:

Callipteridium zeilleri Wagner is characterised by its bluntly triangular pinnules with a rounded apex and a nervation consisting of a well-marked midvein and irregularly forking, rather widely spaced laterals (approximately 25 to 35 veins per cm). It is also characterised by the typical lanceolate shape of the pinnae of the last order which gradually taper towards a long and slender terminal.

Types:

The apical part of a pinna of the last order which has been figured *in* Wagner, 1962 (Pl. 30, fig. 11), is the only published syntype of the species (see also Wagner, 1965, Pl. 67, figs. 138-140). It was found by Dr. W. F. M. Kimpe in ironstone layers between shales outcropping at about 600 metres north of the village of Villaseca in the coalfield of Villablino (province of León, N. W. Spain). Other specimens from the same locality (K. 225) are also considered as syntypes and will be figured in due course; a nervation diagram of one of the latter syntypes is here reproduced as textfig 6. All syntypes are in the «Geologisch Bureau» at Heerlen, The Netherlands, where they can be found under Catalogue No. 48319. The specimen figured *in* Wagner, 1962 (Pl. 30, fig. 10), which was previously given as another syntype, has now been excluded from the types, in view of the fact that it came from a different locality.

Comparisons:

The comparable species *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *pteridium* (von Schlotheim) Zeiller is characterised by somewhat less robust pinnules and, above all, more bluntly shaped terminals to the pinnae of the last order, which are markedly in contrast with the long and slender, lanceolate terminals of *Callipteridium zeilleri* Wagner. The nervation and the general shape of the pinnules are similar in both species.

Textfig 9:

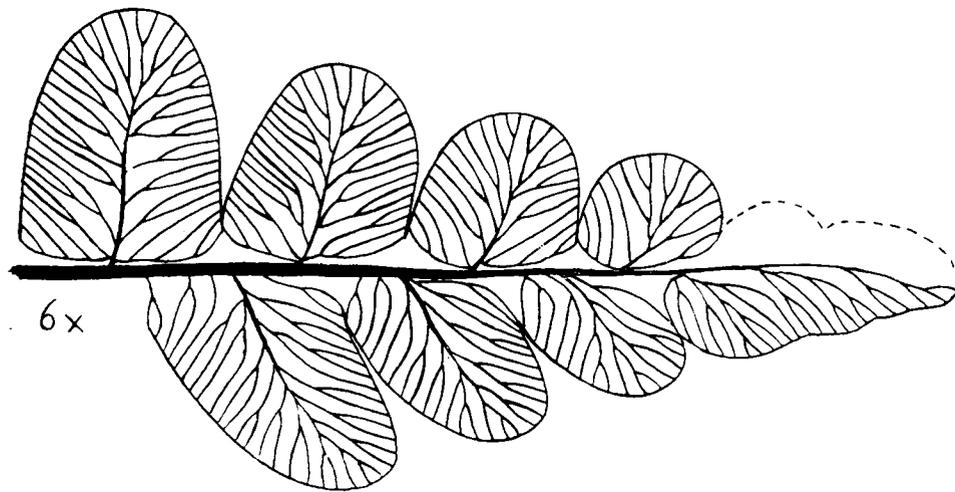
Tracing of an enlargement ($\times 6$) of the specimen figured on Pl. 22, fig. 55, representing a fragment of a pinna of the penultimate order with intercalated pinnules. Note the wide nervation, which is characteristic of *Callipteridium zeilleri* Wagner.

Calco sobre una ampliación por seis de la fotografía que reproduce *Callipteridium zeilleri* Wagner en la lámina 22, figura 55. Muestra la nerviación espaciada de las pinulas corrientes, así como las pinulas intercaladas sobre el raquis del penúltimo orden.

Callipteridium striatum Wagner typically possesses a denser nervation that occurs in *Callipteridium zeilleri* (respectively, about 40 to 45 and 25 to 35 veins per cm). All the other features are similar in both species which are moreover linked by intermediate types, showing a nervation of about 35 to 40 veins per cm. *Callipteridium striatum* mainly occurs earlier than *Callipteridium zeilleri*, with a period of overlap during late Stephanian A and early Stephanian B times.

Callipteridium (Eucallipteridium) trigonum Franke has generally more elongate, triangular pinnules with a somewhat denser nervation than that occurring in *Callipteridium zeilleri*. The terminals are similar in both species, although it is noted that they may tend to be somewhat more individualised in *Callipteridium trigonum*.

Callipteridium (Eucallipteridium) rochei Zeiller (see, in particular, the figures published by Doubinger, 1956, p. 96, Pl. II, figs. 1-3) possesses somewhat more rounded, less subtriangular pinnules and larger, more entire and rounded terminals than those characterising *Callipteridium zeilleri* Wagner. The pinnules of *Callipteridium rochei* would also have a tendency to be slightly auricled on the basiscopic side. The nervation is rather similar in both species.



Textfig 10:

Tracing of a photograph, six times enlarged, of the specimen depicted on Pl. 23, fig. 59, which shows the slender, elongate terminal to a pinna of the last order.

Calco sobre una ampliación por seis de la fotografía que reproduce el ejemplar de la lámina 23, figura 59, que representa un final de pina del último orden, cuya forma lanceolada es característica.

Remarks:

The species *Callipteridium zeilleri* Wagner (= *Callipteridium pteridium* Zeiller, non von Schlotheim) has been created to accommodate those specimens from France, Spain and Portugal as well as possibly other parts of the world (Donetz basin?), which were usually referred to *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim), but which differed from that species mainly by the presence of long and slender terminals to the pinnae of the last order (see Comparisons). Only a brief diagnosis of *Callipteridium zeilleri* was provided originally (Wagner, 1962: explanation of Pl. 30, figs. 10-11). A more complete description has been inserted in the present paper.

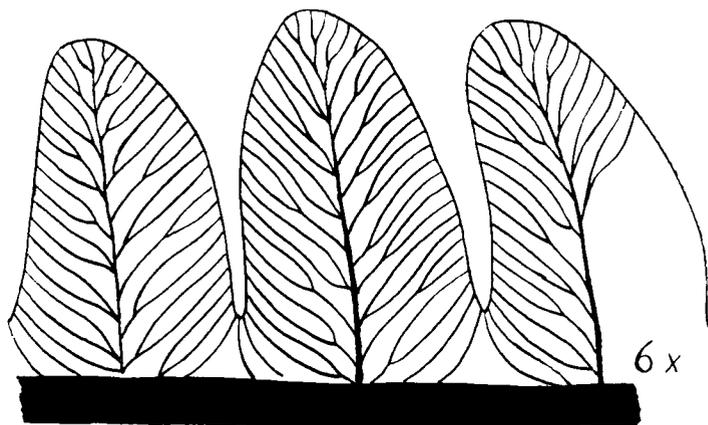
The diagnosis was based mainly on some very well preserved fragments of pinnae which had been found by Dr. W. F. M. Kimpe (Geologisch Bureau, Heerlen) in ironstone layers intercalated between shales outcropping in locality 225 at Alto de la Calzada, situated at about 600 metres north of the village of Villaseca, in the Villabiano coalfield (province of León, N. W. Spain). Only a few of the specimens (syntypes) found in this locality have been published (Wagner, 1962, Pl. 30, figs. 11, 11a; 1965, Pl. 67, figs. 138-140; present paper: textfig 6). A more complete documentation will be given in the future. The syntypes occur in rocks of lower Stephanian C age.

The specific name of *Callipteridium zeilleri* Wagner has been chosen as the result of a marked resemblance between the Spanish type material and various specimens which were figured under the names of *Callipteridium ovatum* (Brongniart) and *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) from Central France by Zeiller (1879, 1888, 1890). Especially, the very complete specimen recorded by Zeiller (1888) from the coalfield of Commentry showed the same kind of slender, lanceolate terminals to pinnae of the last order as occurs typically in *Callipteridium zeilleri* Wagner. A similar, lanceolate terminal is depicted on Zeiller's (1879) Pl. CLXVI, fig. 4. Also the nervation shown on Zeiller's specimens seems to agree with the rather wide nervation of *Callipteridium zeilleri*. Comparable specimens were recorded from Portugal by Teixeira.

As indicated in the list of synonymy, it seems possible that *Callipteridium zeilleri* Wagner might be identical with *Callipteridium ovatum* (Brongniart) Zeiller which also appears to be characterised by subtriangular pinnules with a wide nervation. The type specimen of *Callipteridium ovatum*, as figured by Brongniart (Histoire, Pl. 107, figs. 4, 4'), was apparently derived from the coalfield of St. Etienne (France). It may thus have been collected from beds of similar age to those yielding specimens of *Callipteridium zeilleri* in

N. W. Spain. On the other hand, it is noticed that Brougniart's type specimen is a fragment of a pinna of the penultimate order which does not show the terminal to pinnae of the last order. It thus cannot show one of the most important characteristics of the species discussed here and its possible identity with *Callipteridium zeilleri* can therefore not be demonstrated. If, at any time, the possible identity between the two species could be reliably proved, the name *Callipteridium ovatum* should take precedence over *Callipteridium zeilleri*, which has been introduced at a considerably later date.

The South-West European species *Callipteridium zeilleri* (= *Callipteridium ovatum*?), with its relatively robust pinnules and typical lanceolate terminals, is apparently replaced by *Callipteridium pteridium* (von Schlotheim) Zeiller in Germany. The latter species shows generally smaller, less robust pinnules and, above all, shorter, more bluntly rounded terminals to the pinnae of the last order. *Callipteridium pteridium* has been quoted by previous authors as a species of almost world-wide occurrence, which included the French, Portuguese and Spanish material.



Textfig 11:

Tracing of a photograph, six times enlarged, of some pinnules of the ordinary subtriangular shape in a pinna fragment of *Callipteridium zeilleri* Wagner. The specimen, which does not appear on the plates, has been collected from roof shales of the seam Estrecha (San José formation) in the mine Concebita, east of Llombera (loc. 1307).

* * *

Calco sobre una fotografía, ampliada seis veces, de algunas pínulas de forma típicamente subtriangular, que pertenecen a un ejemplar de *Callipteridium zeilleri* Wagner que se había recogido de pizarras al techo de la capa Estrecha, del paquete de San José, en la mina Concebita, al este de Llombera (loc. 1307).

The various specimens of *Callipteridium zeilleri* Wagner which have been illustrated in the present paper, are all fairly characteristic of this species. Particularly, Pl. 22, figs. 55, 55 a shows the wide nervation which characterizes *C. zeilleri* (see also textfig 9). On the other hand, Pl. 23, figs. 59, 59 a (textfig 10) possesses a spacing of nervules which tends towards the crowded venation of *C. striatum* and which thus appears to be almost intermediate between that of *C. striatum* and *C. zeilleri*. Two specimens (Pl. 22, figs. 55, 55 a; Pl. 23, figs. 58, 58 a) show the presence of intercalated pinnules on the penultimate rachis. Another specimen (Pl. 22, fig. 56, an enlargement of which is reproduced in Wagner, 1965, Pl. 44, fig. 93) illustrates the terminal part of a pinna of the penultimate (second) order, with lobing pinnules. The slender, elongate terminal to pinnae of the last order is depicted on Pl. 22, figs. 54, 54 a and Pl. 23, figs. 59, 59 a.

Stratigraphic distribution:

It has already been mentioned that *Callipteridium zeilleri* Wagner is regarded as the successor of more densely veined forms recorded as *Callipteridium striatum* Wagner (compare page 26). Its first occurrence in N. W. Spain may be in strata of middle to upper Stephanian A age in the Barruelo coalfield. Specimens were found here with a nervation intermediate in density between that of *C. striatum* and *C. gigas*. However, the species does not really come into its own before middle Stephanian B times and apparently takes over entirely from *C. striatum* during upper Stephanian B and Stephanian C. The types of *Callipteridium zeilleri* come from lower Stephanian C rocks. The species is widely distributed throughout post-Asturian coalfields in N. W. Spain (compare the records given in Wagner, 1965: Palaeobotanical Dating of Folding Phases in N. W. Spain).

Callipteridium zeilleri Wagner is also known with certainty from Stephanian B-C rocks in Nth. Portugal, where it was recorded by Teixeira under the name of *Callipteridium pteridium*. It is equally well known from Stephanian B and C strata in Central France (cf. Zeiller, 1888, 1890). It may also be present in the Donetz basin (Zalessky, 1907).

A full synonymy of *Callipteridium zeilleri* has not yet been worked out and it seems possible that the species may occur over an even wider area in Europe as well as, perhaps, North America.

Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:

Callipteridium (*Eucallipteridium*) *zeilleri* Wagner has been found in several localities throughout the succession in the Ciñera-Matallana coalfield and

its outliers. It is recorded from a tip in the abandoned workings of the Lower Coal-Bearing formation in the valley of Faya, south of Santa Lucía (*loc. 1067*; specimen not preserved), tip of exploratory workings on the northern slope of the Cueto de San Mateo (*loc. 1068*), roof-shales of a coal smut belonging to the Roguera formation outcropping at some 500 metres southeast of Pola de Gordón (*loc. 1099*), tip of the mine San Nicolás, mining section of El Barrero, in the Matallana formation (*loc. 1109*), roof-shales of the seam Estrecha in the mine Conchita, near Llombera (*loc. 1307*), roof-shales of the seam Estrecha (San José formation) in the Valcayo section north of Orzonaga (*loc. 1440*).

Family *Alethopteridaceae* P. Corsin, 1960

Subarborescent forms with large fronds possessing a slightly zig-zagging main rachis with alternate pinnae of the first order produced by unequal pseudo-dichotomies. No intercalated pinnae or pinnules known. Pinnules typically decurrent, but ranging in basal attachment from stalked (*Neurallethopteris*) to decurrent on the supporting rachis (*Alethopteris-Lonchopteridium-Lonchopteris*). Midvein always well developed until shortly below the pinnule apex. Nervules typically perpendicular on the pinnule border; they are either free (*Neurallethopteris*, *Alethopteris*), pseudo-anastomosed (*Lonchopteridium*) or fully anastomosed (*Lonchopteris*). Male fructifications are of the *Whittleseyia*, *Givcsia*, *Boulaya* and *Aulacotheca* types (i. e. belonging to the *Whittleseyinae* Halle, 1933). Seeds are of the *Trigonocarpus*, *Pachytesta*, *Hexapterospermum* and *Dictyotesta* types (diagnosis partly after Corsin, 1960, p. 570).

The family *Alethopteridaceae*, as recently defined by Corsin (1960), is less comprehensive than the group of the *Aléthoptéridées* recognised by P. Bertrand (1932), who included not only *Alethopteris* and *Lonchopteris sensu lato*, but also *Callipteridium* and «*Pecopteridium*» (P. Bertrand, non Fontaine & White). The wide limits of the family, as interpreted by P. Bertrand, were maintained in a recent monograph by Buisine (1961, p. 43), who nevertheless admitted that the more narrow subdivision proposed by Corsin could be valid. In fact, Buisine distinguished between two groups A and B, within the *Aléthoptéridées*, which corresponded to Corsin's *Alethopteridaceae* and *Callipteridiaceae*, respectively. The two families, as proposed by Corsin, clearly separate fronds without intercalated pinnae and pinnules (*Alethopteridaceae*) from those characterised by intercalated pinnae and, sometimes, pinnules (*Callipteridiaceae*). It is further observed that the *Alethopteridaceae* mainly possess clearly asymmetric pinnules with a decurrent base, whereas the

Callipteridiaceae have bilateral symmetric pinnules. The nervules commonly reach the pinnule border at right angles in the *Alethopteridaceae*, as against a typical oblique position of the nervules on the pinnule border in the *Callipteridiaceae*.

Certain authors, e. g. W. & R. Remy (1959, p. 161), preferred to assign leaf genera to families based on the evidence of associated fructifications. They used the group names introduced by Halle (1933) for certain types of male Pteridosperm fructifications and adopted the following classification:

— Family *Whittleseyinae*, containing the leaf genera *Alethopteris*, *Lonchopteris*, *Imparipteris* (= *Neuropteris sensu stricto*) and *Reticulopteris*.

— Family *Potoniéinae*, containing the leaf genera *Paripteris* and *Linopteris*.

It has already been mentioned in the first contribution of the present paper (Wagner, 1963, p. 18) that the scanty evidence of known attachment or even association of fructifications to Pteridosperm foliage hardly warranted the use of a combined classification. In general, a separate classification is advocated for different organs of plants, if these are not commonly found in organic connection (cf. Potonié, 1964, in «Taxon», XIII, 4, p. 126-128).

In the present paper, Corsin's classification based on pinnule morphology as well as general organisation of the frond is accepted. In this classification the evidence of fructifications is noted, but not unduly emphasized.

The limits of the family *Alethopteridaceae* are slightly altered, however, since it is proposed here to include not only *Alethopteris* and *Lonchopteris sensu lato* (comprising *Lonchopteris sensu stricto* as well as *Lonchopteridium*), as admitted by Corsin (1960), but also the genus *Neurallethopteris* Cremer, 1893. As the name *Neurallethopteris* implies, it comprises a group of species (group of «*Neuropteris*» *schleichani* Stur) which are intermediate in character between *Neuropteris* and *Alethopteris*. Comparison with *Neuropteris* is based on the usually neuropteroid attachment of pinnules which are often stalked or at least constricted at the base. On the other hand, the full range of pinnule insertion known for *Neurallethopteris* includes attachment by the entire basal width as well as decurrent bases for pinnules in the upper parts of pinnae. The nervation of *Neurallethopteris* is always typically alethopteroid, with a well-developed midvein and almost perpendicular laterals reaching the pinnule border at right angles. A relationship with *Alethopteris* is also suggested by the known male fructifications of *Neurallethopteris*, which belong to the *Whittleseyinae* (cf. Jongmans, 1954; Stockmans & Willière, 1961, p. 91). Furthermore, seeds of the *Pachytesta* type have been recorded for *Neurallethopteris rectimeris* (Kudston) by Jongmans (1954).

Altogether, the following genera are presently admitted as belonging to the family *Alethopteridaceae* Corsin, 1960:

- Formgenus: *Alethopteris* Sternberg, 1826 (pinnules with a decurrent base and free veins).
- Formgenus: *Lonchopteridium* Gothan, 1909 (pinnules with a decurrent base and partly pseudo-anastomosing veins).
- Formgenus: *Lonchopteris* Brongniart, 1828 (pinnules with a decurrent base and fully anastomosed veins).
- Formgenus: *Neuraletopteris* Cremer, 1893 (pinnules with a stalked to decurrent base and free veins).

Among these genera it is *Alethopteris* which has the widest distribution, both stratigraphically and geographically. It ranges throughout the Upper Carboniferous and has been found in America, Europe and Asia. A very large number of species of *Alethopteris* have been described. Barthel's (1962) studies on the cuticle of various groups of species of *Alethopteris* may possibly show the way for a subdivision of this large formgenus into smaller, perhaps more natural genera.

Members of the formgenera *Lonchopteridium* and, ultimately, *Lonchopteris* developed from *Alethopteris* stock by forming flexuous, repeatedly forking nervules which touched laterally and fused to create pseudo-anastomoses and full anastomoses. The anastomosition of nervules could commence either in the vicinity of the midvein or close to the pinnule border. It might, in fact, be possible to distinguish two groups of *Lonchopteridium* by using the relative position of the first anastomoses in the pinnules. *Lonchopteris* and *Lonchopteridium* are mainly restricted in stratigraphic occurrence to Westphalian strata. Several authors also remarked upon the limited geographic distribution of these formgenera which are mainly recorded from Europe and Asia Minor.

The genus *Neuraletopteris* forms an easily recognisable group of species which occur in Namurian and Lower Westphalian strata.

Only members of the formgenus *Alethopteris* have been found in the Stephanian B strata of the Ciñera-Matallana coalfield. They are identified as three different species, all of which appear to have stratigraphic value.

Formgenus *Alethopteris* Sternberg

Diagnosis:

Large, tripinnate to quadrupinnate fronds with alternate pinnae formed by unequal pseudo-dichotomies. Pinnae of the last order are imparipinnate. Pinnules attached by the entire base, usually confluent, and decurrent on the

basiscopic side. They are practically always obliquely inserted and present a clearly asymmetrical aspect.

Nervation consists of a well-marked, persistent midvein and free laterals which typically reach the pinnule border at right or nearly right angles. Subsidiary veins are present. They either arise directly from the rachis or branch off from basal lateral veins running closely parallel to the rachis (cf. Bochencki, 1960). Lateral veins may be single or divided once to several times at irregular intervals.

Male fructifications of the *Whittleseyia* type (Buisine, 1961) or other related forms. Seeds of the *Trigonocarpus* and *Hexapterospermum* types have been found attached (respectively, Buisine, 1961, and Arnold, 1937), whilst *Pachytesta* has been repeatedly found associated.

Remarks:

The clearly asymmetrical aspect of the typical decurrent pinnules of *Alethopteris* makes confusion with other formgenera virtually impossible. Occasionally, however, elements of *Alethopteris* have been attributed to *Callipteridium*. For example, *Alethopteris sullivanti* (Lesquereux) was first described under the name of *Callipteridium* and is still occasionally referred to the latter genus. As discussed in preceding pages, *Callipteridium* is not only characterised by a different organisation of the frond, but also by the presence of a marked bilateral symmetry in the habit and nervation of the pinnules. Another instance is known of confusion between *Alethopteris* and a certain Pecopterid species which is now recorded as *Polymorphopteris subelegans* (Potonié). Pinnules of the various Pecopterid groups always show a regular pattern of venation which is at variance with the more irregular forking of lateral veins in Pteridosperm foliage, such as *Alethopteris*.

It is a recognised fact that *Alethopteris* may be a rather comprehensive grouping of species which may eventually be assigned to more closely circumscribed genera, as indicated by the results of cuticle studies undertaken by Barthel (1962).

The sterile foliage of *Alethopteris* has often been found in association with certain types of seeds (*Trigonocarpus*, *Pachytesta*) which suggested Pteridosperm affinities. In some rare cases, seeds have even been found in organic connection with *Alethopteris* pinnae (Arnold, 1937; Buisine, 1961, textfig 4) (10). Male fructifications belonging to the family *Whittleseyiinae*

(10) Seeds have also been recorded for *Alethopteris norini* Halle (see Halle, 1929). Some seed-bearing Pteridosperms from the Permian of China, but neither the mode of attachment of these seeds nor the habit and nervation of the pinnules of this species seem to agree very well with the known characteristics of ordinary Upper Carboniferous members of *Alethopteris*.

have been recorded repeatedly in association with foliage of *Alethopteris*. Most recently, a synangium assigned to *Whittleseyia* has been recorded in organic connection with *Alethopteris* by Buisine (1961, Pl. XI, figs. 1, 1 a-b).

Alethopteris has been the subject of various recent monographs published by Gothan (1953), Crookall (1955), Bochenski (1960) and, above all Buisine (1961), who presented a detailed discussion of its history of classification and who described a large number of species in detail. He also gave a reconstruction of the *Alethopteris* frond (Buisine, 1961, textfig. 6). All these monographs deal with Westphalian representatives of the genus. Although *Alethopteris* certainly has its main development in Westphalian times, there are a large number of species occurring in late Westphalian and Stephanian rocks. These species will be dealt with in detail by the present writer in a forthcoming monograph (in preparation). Three species have been found in the Stephanian B measures of the Ciénra-Matallana coalfield. They are to be discussed already in the present paper, although a fuller documentation is postponed to the monographic work mentioned above.

Alethopteris bohémica Franke.

Pl. 24, figs. 61-62; Pl. 25, figs. 63-65; Pl. 28, figs. 75, 75 a.

Selected synonymy:

1912. *Alethopteris bohémica* Franke: Beiträge zur Kenntnis der paläozoischen Arten von *Alethopteris* und *Callipteridium*. *Inaug. Diss. Berlin*, p. 75-77, figs. 1-2 (also published in H. Potonié: *Abb. u. Beschr. foss. Pflanzen-Reste*, Lief. IX (1913), 170, pp. 1-3, figs. 1-2).
1938. *Alethopteris serli* Jongmans, non Brongniart, *pars*: Stangalpe. *C. R. 2^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1935*, III, p. 1276, Pl. 134, figs. 53 a-c (cf. fig. 54), non fig. 53 f (= *Alethopteris* n. sp.).
1955. *Alethopteris* cf. *serli* Wagner, non Brongniart: Rasgos estratigráfico-tectónicos del Paleozoico superior de Barruelo (Palencia). *Estudios Geológicos*, XI, 26, p. 167.
1958. *Alethopteris bohémica* Wagner, in Wagner & Breimer: Estefaniense de San Cristóbal (Palencia, España). *Estudios Geológicos*, XIV, 37, p. 18, 26, lám. III, figs. 1, 1 a.
1959. *Alethopteris bohémica* Wagner: Flora fósil y estratigrafía del Carbonífero de España NW. y Portugal N. *Estudios Geológicos*, XV, p. 106, 107, 110.

1959. *Alethopteris bohémica* W. & R. Remy: *Pflanzenfossilien*, pp. 166, 167, Abb. 142 a-b (photographic reproductions of Franke's type-specimens).
1960. *Alethopteris bohémica* Jongmans: *Karbonflora der Schweiz. Beiträge Geol. Karte Schweiz (N. F.)*, 108, p. 69-70 (see also p. 67), Taf. 30, figs. 157, 157 a-b; Taf. 31, figs. 158-162 a.
1962. *Alethopteris bohémica* Wagner: Sur le terrain houiller de Ciénra-Matallana (León, Espagne). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 254, p. 2394.
1963. *Alethopteris bohémica* Wagner: Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 87, 88, 100, 102.
1963. *Alethopteris bohémica* Barthel: Zur Kenntnis von *Alethopteris bohémica* Franke. *Věstník Ústřed. Úst. Geol., Českoslov. Akad. Věd*, XXXVIII, pp. 53-55, Tafn I-II.
1964. *Alethopteris bohémica* Wagner: Stephanian Floras in N. W. Spain. *C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963*, II, p. 837, 838, 839, 841, Pl. II, fig. 21.
1965. *Alethopteris bohémica* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 31, 32, 33, 42, 43, 50, 52, 79, 113, 114, Pl. 30, fig. 65; Pl. 46, fig. 95; Pl. 51, fig. 106.

Specimina excludenda:

1936. *Alethopteris bohémica* Němejc, non Franke: *Alethopterids Central Bohemia. Věstník Král. České Spol. Nauk*, II, p. 2-8, textfigs. 1 a-b, Pl. I, fig. 1 (= *Alethopteris zeilleri* Ragot).
1956. *Alethopteris bohémica* Wagner (non Franke), in Kanis: Geology of the eastern zone of the Sierra del Brezo (Palencia, Spain). *Leidsche Geol. Mededelingen*, XXI, p. 421, 422 (= *Alethopteris kanisi* Wagner, to be described in the forthcoming monograph).

Description:

Frond at least bipinnate.

Terminations of pinnae characterised by a small, ovoid to barrel-shaped apical pinnule, which is bluntly pointed at the top.

Raches usually rather strong (0.5 to 4 mm wide) and provided with fine longitudinal striations.

Pinnules mainly close together. They are clearly confluent in the upper parts of pinnae, but appear hardly united and almost pectopteroid in the middle

and lower parts; sometimes the base of the pinnules may even be slightly constricted. The insertion of the pinnules is somewhat oblique in the upper parts of pinnae, but becomes more nearly perpendicular in the lower parts. The shape of the pinnules is broadly linear with parallel to slightly convex lateral borders which, in the top part of the pinnule, taper rather suddenly into a bluntly pointed apex. They are usually about $2\frac{1}{2}$ to 3 times longer than they are broad (average dimensions: 15 to 20 mm long and 5 to 7 mm broad).

Midvein rather thick and prominently marked on the pinnule lamina. It is typically non-decurrent and follows a straight course leading right into the pinnule apex.

Nervules fine, numerous, closely spaced (about 47 to 52 veins per cm on the pinnule border). They almost immediately curve away from the midvein and follow an almost straight course to the pinnule border which is reached at a right angle. The nervules are usually divided once, less often twice, at irregular intervals, though mainly near the midvein.

Fructification unknown.

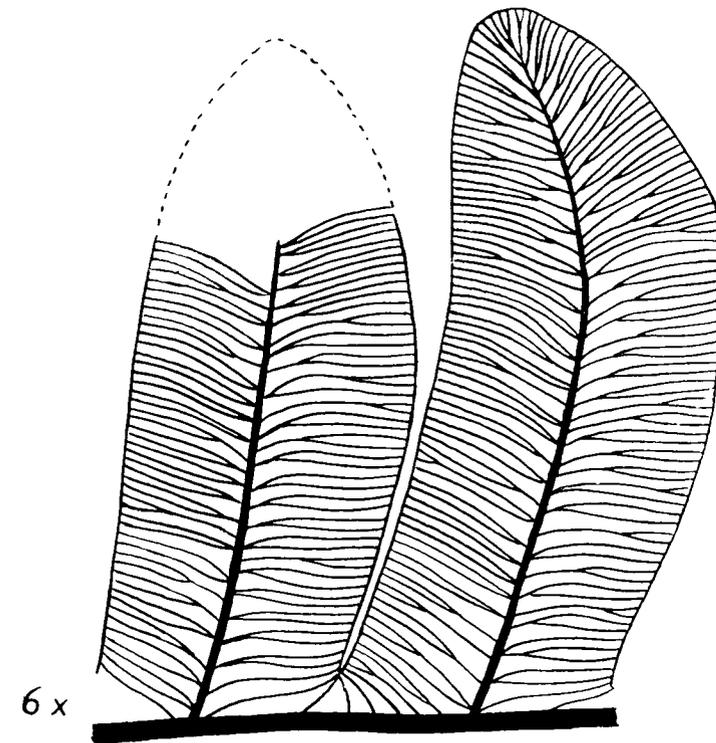
Diagnosis:

Alethopteris bohémica Franke is characterised by its hardly confluent, broadly linear to slightly biconvex pinnules with a bluntly pointed apex; a thick, straight and persistent midvein and fine, closely spaced (ca 50 veins per cm), approximately perpendicular nervules. It is also characterised by the short and massive, bluntly tapering terminals.

Comparisons:

There is a close resemblance in the shape of pinnules with the still undescribed species *Alethopteris kanisi* Wagner, which is mainly distinguished from *Alethopteris bohémica* Franke by its wider venation (about 30 veins per cm, as against approximately 50 in the latter).

Comparable forms have been figured from northern France under the name of *Alethopteris serli* (= *Alethopteris serli* Zeiller, non Brongniart). Although these forms show a habit and nervation of the pinnules which are clearly reminiscent of *Alethopteris bohémica* Franke, it is noted that the pinnules are more extensively confluent in the species from northern France. There is also a difference in the shape of the terminal which is usually longer in this species than it is in *Alethopteris bohémica* Franke. The examples from



Textfig 12:

Tracing of an enlargement ($\times 6$) of the photograph depicting some pinnules of *Alethopteris bohémica* Franke as figured on Pl. 25, figs. 65, 65 a. It shows the ordinary pinnules which are hardly confluent at the base and which show a prominent midvein with fine, numerous laterals at right angles to the pinnule border.

Calco sobre una fotografía ampliada ($\times 6$) de algunas pinulas del ejemplar de *Alethopteris bohémica* Franke que se reproduce por la lámina 25, figuras 65, 65 a. Estas pinulas, de tamaño regular, y de una posición media dentro de la pina, están caracterizadas por sus bases ligeramente soldadas entre sí, casi pecoapteroides, y la nerviación que consiste en un nervio central fuertemente acusado y los laterales, finos y numerosos, perpendiculares sobre los bordes ligeramente abombados de las pinulas.

northern France have recently been figured in the splendid monograph produced by M. Buisine (1961).

Also *Alethopteris pontica* Zeiller (not to be confused with *Alethopteris pontica* Crookall, non Zeiller, and *Alethopteris pontica* Buisine, non Zeiller) is characterised by relatively broad pinnules with a more or less pectopteroid insertion and fine, closely spaced nervules. However, *Alethopteris bohémica* Franke has pinnules with a more prominent midvein and less broadly curving laterals than occur in *Alethopteris pontica* Zeiller from the Upper Westphalian of northern Anatolia (Turkey).

Alethopteris zeilleri Ragot (= *Alethopteris grandini* Zeiller, non Brongniart) possesses funnel-shaped pinnules, with straighter borders and a more broadly rounded apex than seem to occur normally in *Alethopteris bohémica* Franke. Also the nervation is normally wider in *Alethopteris zeilleri* (approximately 30 vein endings per cm), the midvein of which is moreover less strongly expressed.

Remarks on synonymy:

The species discussed here was first recorded by Franke (1912), who described specimens from Stephanian coal-measures near Pilsen, Bohemia. The original figures of the two type-specimens were not very clearly reproduced and, probably as a result of this somewhat defectuous presentation, Němejc (1936) identified *Alethopteris bohémica* Franke with *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart), after a comparison with Bohemian specimens. However, the latter species (here described as *Alethopteris zeilleri* Ragot, see page 54), is characterised by more clearly confluent pinnules with a wider nervation. It also possesses more linear terminals and pinnules than occur in *Alethopteris bohémica*, which has more convex-sided segments. The differences between *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart) and *Alethopteris bohémica* Franke have already been indicated on a previous occasion (Wagner, in Wagner & Breimer, 1958, p. 18, 26). The writer's point of view has recently been supported by Jongmans (1960), when discussing the writer's conclusions. Barthel (1963) also conformed to this opinion.

The types of *Alethopteris bohémica* Franke have recently been refigured by W. & R. Remy (1959), who provided photographic reproductions of both specimens (syntypes) originally described by the author of the species.

Alethopteris bohémica has been confused in the past with *Alethopteris serli* Franke (see, for example, Jongmans (1938)), it is possible that other records of *Alethopteris bohémica* from Spain, France and the U.S.S.R. are in fact of this

Franke. A case in point is the present author's former designation of *Alethopteris cf. serli* from Stephanian A measures in the Barruelo coalfield, province of Palencia, N. W. Spain (Wagner, 1955, p. 167), where material of *Alethopteris bohémica* was involved.

Remarks on figured specimens:

Plate 25, fig. 63 reproduces a fragment which is probably the apical part of a pinna of the penultimate order. It shows a very rapid increase in the length of pinnules from the terminal downwards and it seems likely that pinnules of the last order should have been present immediately below the markedly elongate pinnules in the lower part of the specimen.

The apical parts of pinnae of the last order are reproduced on Pl. 24, figs. 62, 62 a, and Pl. 25, figs. 64, 64 a. They show fairly small, almost barrel-shaped apical pinnules. The ordinary pinnules in these specimens are rather obliquely inserted and much more clearly confluent at the base than normally seems to be the case in pinnules lower down the rachis. Similarly oblique, clearly confluent pinnules are visible in the near-terminal fragment of a pinna of the last order which has been illustrated on Pl. 28, figs. 75, 75 a (plate to be published in part IV of this work).

More average type pinnules from a lower position in the pinnae are shown on Pl. 24, fig. 61 and Pl. 25, figs. 65, 65 a (textfig. 12). These pinnules are nearly pectopteroid in the perpendicular insertion on the supporting rachis and the very narrow joining at the base of adjacent pinnules. All the specimens recorded share the typical habit and nervation of the pinnules which have slightly biconvex sides and bluntly pointed apices, as well as a prominent midvein and closely spaced, perpendicular laterals.

Stratigraphic distribution:

Although *Alethopteris bohémica* Franke has usually been ignored in the literature, it seems to be more widely distributed than might be expected. It has been recorded under its own name from Bohemia, N. W. Spain and Switzerland, but certainly occurs also in the Stangalpe region of Austria (see Jongmans, 1938: under *Alethopteris serli*: additional specimens of *Alethopteris bohémica* from the same area have been seen by the writer in the collection of the «Geologisch Bureau» in Heerlen, the Netherlands).

The species is fairly common in Stephanian A and B measures of various coalfields in N. W. Spain. It has been found in early Stephanian A rocks of Tejerina in N. E. León (Wagner, 1965, Pl. 30, fig. 65) and San Cristóbal in Nth. Palencia (Wagner & Breimer, 1958, Pl. III, figs. 1, 1a); middle to

upper Stephanian A strata in the Barruelo coalfield (Palencia) (Wagner, 1964, Pl. II, fig. 21); and Stephanian B rocks in the coalfields of Sabero (León) (Wagner, 1957, p. 231), La Magdalena (León) (Wagner, 1965, Pl. 51, fig. 106), Ciñera-Matallana (León) (see present paper and Wagner, 1965, Pl. 46, fig. 95). In N. W. Spain it seems that *Alethopteris bohemica* does not occur above Stephanian B. It may, in fact, be absent from the highest Stephanian B onwards.

Records in the literature also mainly conform to Stephanian A and B. The only exception is formed by Doubinger's (1960, p. 130) mention of *Alethopteris bohemica* from Autunian beds in Morocco. It referred to specimens figured originally by Carpentier (1930, Pl. II) under the name of *Callipteridium* (according to a personal communication by Mlle. J. Doubinger on 18.IV.1961). These specimens are not typical of *Alethopteris bohemica* Franke.

Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:

The following localities in this region have yielded remains of *Alethopteris bohemica* Franke: shales in the road-cutting immediately northeast of Pola de Gordón (loc. 1076), tip immediately north of the village of Serrilla (loc. 1079), roof-shales of a coal smut in the road-cutting at some 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099), tip of the mine at Coladilla (loc. 1158), tip of the seam Nieves west of Coladilla (loc. 1267), outcropping shales below the seam Nieves west of Coladilla (loc. 1290), tip in the upper part of the valley northeast of Villalfeide (loc. 1332), tip of the seam Bisvita southeast of Villalfeide (loc. 1334), tip of the seam Petra (= Aupa) in the valley northwest of Orzonaga (loc. 1335), tip and roof-shales of the seam Petra in the northern flank of the Matallana syncline, northwest of Orzonaga (loc. 1447). The first locality mentioned (1076) belongs to the Lower Coal-Bearing formation, localities 1079, 1334, 1335 and 1447 to the Matallana formation and localities 1099, 1158, 1267 and 1290 to the Roguera formation. Locality 1332 probably belongs also to the Lower Coal-Bearing formation. *Alethopteris bohemica* thus ranges throughout the Stephanian B succession in the Ciñera-Matallana coalfield.

***Alethopteris leonensis* Wagner.**

Pl. 26, figs. 69-72; Pl. 27, fig. 71 a.

- cf. 1927. *Alethopteris moravica* Augusta: Deux nouvelles espèces de plantes du bassin houiller de Rosice et Oslavany (*A. moravica* et *A. punctata*). *Bull. int. Acad. Sci. Bohême*, p. 1-3, figs. 1 a-b, Pl. I, fig. 1.
1962. *Alethopteris leonensis* Wagner: Sur le terrain houiller de Ciñera-Matallana (León, Espagne). *C. R. Acad. Sci., Paris*, 254, p. 2394, 2395.
1963. *Alethopteris leonensis* Wagner: Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga. *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 91, 95, 96, 97, 99.
1964. *Alethopteris leonensis* Wagner: Stephanian Floras in N. W. Spain. *C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963*, II, p. 841, 842, 843, 846, Pl. II, fig. 20.
1964. *Alethopteris leonensis* Alvarez Ramis: Contribución al estudio de la flora carbonífera de Tineo (Asturias). *Bol. Inst. Estudios asturianos (supl. Ciencias)*, 9, p. 5, lám. II, fig. 3.
1965. *Alethopteris leonensis* Wagner: Palaeobotanical Dating of Folding Phases. *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 50, 51, 54, 57, 58, 69, 79, Pl. 47, fig. 96; Pl. 48, fig. 97.

Description:

Fronde at least bipinnate.

Rachis of the penultimate order is rather stout (4 mm wide in the specimen figured on Pl. 26, fig. 70) and provided with fine longitudinal striations.

Pinnae of the last order gradually tapering. Terminal small and linear in shape.

Rachis of the last order is moderately strong (0.5 to 1 mm wide).

Pinnules distant and clearly confluent at the base, except for those situated near the base of the pinna, where they may be of pectinoid habit. The insertion of the pinnules is almost perpendicular or slightly oblique to the supporting rachis. They are generally rather long and slender (usually about 11 mm long and 3 mm broad), linear in aspect, with a bluntly pointed apex; or more thick-set in certain parts of the frond (i. e. near the top parts of pinnae). The lamina is fairly thick.

Midvein strongly marked, straight, and deeply immersed in the pinnule lamina.

Nervules rather strong, running almost in straight lines from the midvein to the pinnule borders, which they reach at about right angles. They are usually once, less commonly twice forked. Subsidiary veins appear to be present on both sides of the midvein. The nervation is fairly crowded (approximately 44 vein endings per cm on the pinnule border).

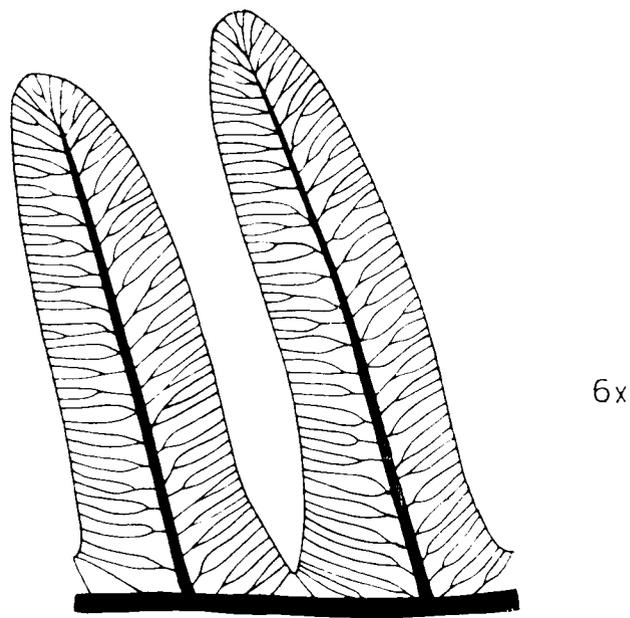
Fructification unknown.

Diagnosis:

Alethopteris of somewhat pectopteroid aspect; more distinctly alethopteroid in the upper parts of pinnae. Pinnules linear, with a sturdy limb, which shows a deeply immersed, straight midvein and perpendicular, usually once divided laterals (appr. 44 veins per cm).

Types:

The specimens figured on Pl. 26, figs. 69-70 are designated syntypes of *Alethopteris leonensis* Wagner. They have both been found on the tip of the



Textfig. 13:

Tracing of two pinnules (six times enlarged) out of the specimen (syntype) of *Alethopteris leonensis* Wagner, which has been reproduced on Pl. 26, fig. 70.

Calco sobre dos pinulas, aumentadas seis veces, del ejemplar (síntipo) de *Alethopteris leonensis* Wagner, que está figurado por la lámina 26, fig. 70. Muestra el típico aspecto lineal de las pinulas con su nervio central bien acusado y los laterales densamente agrupados y perpendiculares sobre los bordes de las pinulas.

mine Conchita, east of Llombera, in the Ciñera-Matallana coalfield (loc. 356). The types are deposited in the collections at the «Geologisch Bureau», Heerlen, The Netherlands, where they are registered under Catalogue No. 47786.

Comparisons:

Alethopteris leonensis Wagner is probably most similar to *Alethopteris ambigua* Lesquereux *pars* emend. D. White (= *Alethopteris friedeli* P. Bertrand), which is also characterised by linear pinnules of almost pectopteroid habit. However, *Alethopteris ambigua* has generally smaller pinnules with a wider nervation than occurs in *Alethopteris leonensis* (about 35 to 40 veins per cm in *A. ambigua* as against approximately 44 veins per cm in *A. leonensis*). The stratigraphic range of both species is also different, for *Alethopteris ambigua* is known to occur from Westphalian C to basal Stephanian A, whilst *Alethopteris leonensis* is almost exclusively found in rocks of Stephanian B and (lower) C ages.

There is a certain resemblance between *Alethopteris leonensis* Wagner on one hand and *Alethopteris gibsoni* Lesquereux on the other (compare Lesquereux, 1879: Coal Flora, Pl. XXVIII, figs. 4-6 a). However, the rather diagrammatic drawings presented in Lesquereux's work make an adequate comparison difficult. *Alethopteris gibsoni* might also prove to be identical with *Alethopteris ambigua* Lesquereux or any other similar species.

Alethopteris kansasensis Elias (in Moore, Elias & Newell, 1936, fig. 6, ill. 8-9), from the Garnett Shale in Kansas, U. S. A., also appears very similar in aspect to *Alethopteris leonensis* Wagner. However, the nervation diagram published by Elias (1936, fig. 8, ill. 5) shows about 30 vein endings per cm, as against some 44 per cm in *Alethopteris leonensis*. It may be added that no description of *Alethopteris kansasensis* was provided by Elias, whilst the type material of this species seems to be lost (cf. Cridland, Morris & Baxter, 1963, p. 69). *Alethopteris kansasensis* must probably be allowed to lapse.

It seems possible that *Alethopteris leonensis* Wagner may eventually be identified with *Alethopteris moravica* Augusta, a high Stephanian element from the Rosice-Oslavany basin in central Czechoslovakia (see Augusta, 1927, and the correlation table 9 published by Havlena, 1960). *Alethopteris moravica* is characterised by pinnules of somewhat pectopteroid habit, with a prominent midvein and closely spaced laterals. It may also have a rather small, linear terminal to the pinnae of the last order. Both the shape and dimensions of the pinnules as well as the density and further characteristics of the nervation seem to agree with those of *Alethopteris leonensis*. On the other hand, Au-

gusta mentioned that the pinnules of *Alethopteris moravica* are strikingly asymmetric due to the midvein subdividing the pinnule into unequal halves (see Augusta, 1927, textfig. 1 a). This species was also reported to have a very thin rachis of the last order. Apart from two diagrammatic drawings (Augusta's textfigs. 1 a-b), only one specimen of *Alethopteris moravica* has been illustrated in the literature (Augusta, 1927, Pl. 1, fig. 1). It has not been well enough figured to allow a detailed comparison to be made with *Alethopteris leonensis*. Only a direct comparison between Augusta's type specimen of *Alethopteris moravica* and the better known *Alethopteris leonensis* may eventually prove either the identity or the exact differences between the two species. In case of identity, *Alethopteris moravica* Augusta would obviously have priority.

The original figure provided by von Schlotheim (1804) of his *Alethopteris lonchitica* (von Schlotheim) Sternberg is too diagrammatic to give more than a generalised type which shows some similarity to *Alethopteris leonensis*. It is possible, indeed, that some of the sporadic records of *Alethopteris lonchitica* from Stephanian strata refer to specimens of *Alethopteris leonensis* Wagner (compare, for instance, Vinassa de Regny & Gortani, 1905, Tav. XII, figs. 10-12). Since the type specimen figured by von Schlotheim has reportedly been lost, there are no means of ascertaining the truth of Vinassa de Regny & Gortani's identification. Usually, *Alethopteris lonchitica* (von Schlotheim) is identified with a species of Lower Westphalian age (i. e. *Alethopteris lonchitica* Zeller, non von Schlotheim?), which is characterised by fairly long and slender pinnules with a relatively thin midvein and closely spaced nervules (approximately 50 veins per cm, according to Buisine, 1961). This species is clearly different from *Alethopteris leonensis*.

Remarks:

In the older literature on the Stephanian coal-measures of N. W. Spain there are allusions to the presence of *Alethopteris lonchitica* (von Schlotheim), *Alethopteris darcuivi* (Brongniart) and *Alethopteris aquitina* (von Schlotheim). All these species are characterised by more or less linear pinnules and thus are to a certain extent comparable with *Alethopteris leonensis* Wagner. Unfortunately, none of these old records have been documented by illustrations.

Alethopteris leonensis has been mentioned several times by name only, before a brief diagnosis of the species was given in Wagner, 1964 (p. 846). A single specimen was figured at the same time, although it was inferred that more than one type specimen would be designated. The specimen originally

illustrated (Wagner, 1964, Pl. II, fig. 20) is now refigured as one of the syntypes of *Alethopteris leonensis* Wagner (Pl. 26, fig. 70). An enlargement ($\times 3$) of the same specimen is found in Wagner, 1965 (Palaeobotanical Dating of Folding Phases, Pl. 47, fig. 96).

Stratigraphic distribution:

Alethopteris leonensis Wagner has been identified with certainty from three localities in the Villablino coalfield (León), one locality in the coalfield of Tineo (Asturias) and several localities in the region of Ciñera-Matallana (León). All these localities refer to strata of Stephanian B and lower C ages. Another specimen has been more doubtfully identified from about middle Stephanian A rocks as found on the tip of San Felices de Castillería (Palencia). *Alethopteris leonensis* has been most frequently found in the region of Ciñera-Matallana, which also serves as its type area.

Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:

The following localities have yielded specimens of *Alethopteris leonensis* in this coalfield, viz. tip of the mine Conchita near Llombera (loc. 556), tip of the mine La Gamonera (loc. 1975), tip of the mine San Niciolás, El Barreiro section (loc. 1100), tip of the mine El Oro (loc. 1132), outcropping shales north of Aviados (loc. 1133), tip of the mine Collín (loc. 1303), roof-shales of the seam Estrecha in the mine Conchita near Llombera (loc. 1397), roof-shales of the seam Estrecha in the valley of Tabliza (loc. 1308), tip of the seam Petra (- Aupa) in the valley northwest of Orzonaga (loc. 1335), roof-shales of the seamlet below the seam Vulcano in the southern part of the valley of Fuentescalesa (loc. 1337), shales at some 5 1/2 metres above the seam Estrecha in the Valcayo section northwest of Orzonaga (loc. 1422), roof-shales of the seam Estrecha in the Valcayo section (loc. 1440), roof-shales of the seam Estrecha outcropping on the Pass northwest of the Valcayo valley (loc. 1441), roof-shales of the seam Estrecha north of Bustallal Mountain (loc. 1448).

It is noted that most of the localities mentioned refer to a single seam, viz. the seam Estrecha in the top of the San José formation of middle Stephanian B age. Only locality 1133 (probable Lower Coal-Bearing formation) and localities 1100 and 1335 (Matallana formation) do not belong to the San José formation and, potentially, to the same, very characteristic flora in roof-shales of the seam Estrecha.

***Alethopteris zeilleri* Ragot mnsr.**

Pl. 26, figs. 66-68; Pl. 27, figs. 68 a, 73-74.

Selected synonymy:

1888. *Alethopteris grandini* Zeiller, *non* Brongniart: *Commentary*, II, 1, p. 203-207, Pl. XXI, figs. 1-4 (*non* fig. 5 ?), figs. 6-8.
1890. *Alethopteris grandini* Zeiller, *non* Brongniart: *Autun et Épinac*, II, p. 112, Pl. IX, figs. 6-7.
1936. *Alethopteris bohémica* Němejc, *non* Franke: *Alethopterids of Central Bohemia*, *Vestník Kral. České Spol. Nauk*, II, p. 2-8, figs. 1 a-b; Pl. 1, fig. 1.
1941. *Alethopteris grandini* Teixeira, *non* Brongniart: *Flora fóssil do Estefaniano duriense*, *Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Fac. Ci. Porto*, XXIV, p. 12-13, Est. IV, figs. 1, 1 a.
1950. *Alethopteris grandini* Gómez de Larena, *non* Brongniart: *Carbonífero de Ciñera-Matallana (León)*, *Estudios Geológicos*, VI, 11, p. 77, lám. XX.
1952. *Alethopteris grandini* Menéndez Amor & Jongmans, *non* Brongniart: *Flore carbonifère des Asturies*, *C. R. 3^e Congrès Carbonifère, Heerlen 1951*, II, p. 461, Pl. 23, fig. 8.
1955. *Alethopteris grandini*, forma *zeilleri* Ragot: *Contribution à l'étude des formes carbonifères du genre Alethopteris*, *Mém. inédit Diplôme d'Etudes Sup. Fac. Sci. Paris*, p. 47-56, Pl. VI, fig. 3.
1956. *Alethopteris grandini* Doubinger, *non* Brongniart: *Flores autun-stéphanienues*, *Mém. Soc. géol. France (N. S.)*, XXXV, p. 94.
1959. *Alethopteris grandini* W. & R. Remy, *non* Brongniart: *Pflanzenfossilien*, p. 166, Abb. 141 a-b (?), c-d.
1960. *Alethopteris zeilleri* Jongmans: *Karbonflora der Schweiz*, *Beiträge Geol. Karte Schweiz (N. F.)*, 108, p. 67-68, Taf. 30, figs. 154-155 a.
1962. *Alethopteris zeilleri* Wagner: *Sur le terrain houiller de Ciñera-Matallana (León, Espagne)*, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 254, p. 2394.
1963. *Alethopteris grandini* Cridland, Morris & Baxter, *non* Brongniart: *Pennsylvanian Plants of Kansas*, *Palaontographica (B)*, 112, p. 68, Pl. 20, fig. 39.
1963. *Alethopteris zeilleri* Wagner: *Palaeozoic Rocks between the Rivers Porma and Bernesga*, *Bol. Inst. Geol. Min. España*, 74, p. 87, 88, 92, 93, 94, 95, 101, 102, 103, 104, 105, 106.

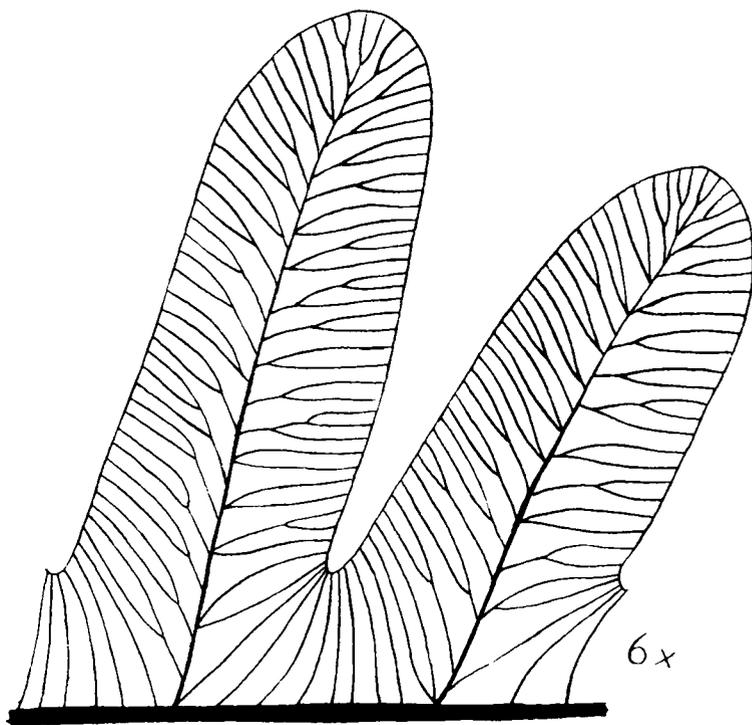
1964. *Alethopteris zeilleri* Wagner: *Stephanian Floras in N. W. Spain*, *C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963*, II, p. 837, 838, 841, 842, 843, 844, Pl. I, fig. 1.
1964. *Alethopteris grandini* Greber, *non* Brongniart: *Carbonifère des Alpes françaises*, *Mém. Bureau Recherches Géol. Min.*, 21, Pl. XLV, figs. 2, 2 a.
1964. *Alethopteris zeilleri* Alvarez Ramis: *Contribución al estudio de la flora carbonífera de Tineo (Asturias)*, *Bol. Inst. Estudios asturianos (supl. Ciencias)*, 9, p. 6-7, lám. III, figs. 1-2.
1965. *Alethopteris zeilleri* Wagner: *Palaeobotanical Dating of Folding Phases*, *Mem. Inst. Geol. Min. España*, 66, p. 29, 30, 44, 46, 47, 50, 52, 57, 62, 69, 72, 79, 111, 112, Pl. 45, fig. 94.

*Description:**Frond* at least bipinnate.*Termination of pinnae* characterised by short, broadly linear apical pinnules with rounded apices.*Rachis* relatively thin (0.5 to 1 mm wide in the case of a rachis of the last order).*Pinnules* rather closely set or very slightly distant. On the whole, they are clearly confluent at the base, but in the lower parts of the pinnae they may tend towards a pectopteroid insertion. The shape of the pinnules is broadly linear (funnel-shaped), with a broadly rounded apex. The pinnules are fairly large (average dimensions, 15 to 25 mm long and 6 to 8 mm broad). The insertion of the pinnules is slightly oblique to the supporting rachis.*Midvein* distinct, moderately thick, straight and persisting right into the pinnule apex.*Nerves* arise from the midvein at a rather narrow angle, but turn rapidly towards a course perpendicular to the pinnule borders. They fork mainly once or twice at irregular intervals. The nervation is fairly wide (approximately 30 vein endings per cm on the pinnule border, but occasionally more in relatively squat pinnules of compressed aspect: see Pl. 26, fig. 67). Subsidiary veins may be present on both sides of the midvein.*Fructification* unknown.*Diagnosis:**Alethopteris zeilleri* Ragot (= *Alethopteris grandini* Zeiller, *non* Brongniart) is characterised mainly by its fairly large, funnel-shaped pinnules with a distinct midvein and rather widely spaced laterals perpendicular on the pinnule border. Also the relatively small, broadly linear apical pinnules are typical.

Comparisons:

The large, funnel-shaped pinnules of *Alethopteris zeilleri* Ragot (= *A. grandini* Zeiller, non Brongniart) differ clearly from the smaller and, above all, shorter pinnules of *Alethopteris grandini* (Brongniart) pars P. Bertrand emend. which are also characterised by slightly biconvex lateral margins. It is also noted that the nervation of *Alethopteris grandini* (Brongniart) is characterised by more gently curving nervules, whereas *Alethopteris zeilleri* Ragot possesses relatively straighter lateral veins.

Alethopteris grandinioides Kessler has pinnules of similar shape and dimensions to those of *Alethopteris zeilleri*, but differs in the nervation which



Textfig 14:

Tracing of some pinnules (six times enlarged) from the specimen of *Alethopteris zeilleri* Ragot which has been depicted on Pl. 26, fig. 68 (Pl. 27, fig. 68 a). It shows the characteristic funnel-shaped pinnules with a rather wide nervation composed of a straight midvein and perpendicular laterals.

Calco sobre unas pinulas (aumentadas seis veces) del ejemplar de *Alethopteris zeilleri* Ragot que esta figurado en la lamina 26, fig. 68 y lam. 27, fig. 68 a. Muestra la nerviacion espaciada y perpendicular sobre los bordes de las pinulas.

is characterised by broadly curving nervules reaching the pinnule border obliquely. It is nevertheless suggested that both species are intimately related, for transition forms have been found linking the Upper Westphalian species *Alethopteris grandinioides* with the Stephanian element *Alethopteris zeilleri* (see comments in Wagner, 1964, p. 83, and the discussion on *Alethopteris grandinioides* var. in Wagner, 1965, p. 111-112).

Alethopteris pennsylvanica Lesquereux is very similar to *Alethopteris zeilleri* Ragot, but may be distinguished by its generally smaller, narrower pinnules which show even straighter nervules than occur in the latter species.

The bluntly pointed, often slightly barrel-shaped pinnules of *Alethopteris bohémica* Franke are different from the funnel-shaped pinnules characterising *Alethopteris zeilleri* Ragot. Also the nervation is different in both species, since *Alethopteris bohémica* is characterised by a prominent midvein and fine, closely spaced laterals, whereas *Alethopteris zeilleri* has less prominent midveins and more widely spaced laterals (approximately 50 and 30 veins per cm, respectively).

Remarks on synonymy:

Alethopteris zeilleri Ragot is the well-known Stephanian species *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart), which has been generally regarded as different from the Upper Westphalian form *Alethopteris grandini* (Brongniart) pars P. Bertrand emend. (see under Comparisons). Kessler (1916, p. 74) seems to have been the first to draw attention to the differences between the forms illustrated by Zeiller (1888, 1890) from the Stephanian of Central France, and the species described by Brongniart (1832-33) from the Westphalian D of the Saar region. Similar comments were made by P. Bertrand in 1932 (*Aléthroptéridées de la Sarre et de la Lorraine*). Since then, several authors expressed themselves in agreement with a separation between Brongniart's species and the form described by Zeiller. P. Bertrand (1932) redefined and restricted the species *Alethopteris grandini* (Brongniart), but forbore to rename and redescribe *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart). Shortly afterwards, Němejc (1936) proposed to identify Zeiller's material with *Alethopteris bohémica* Franke. This identification was based on a comparison of Bohemian specimens belonging to *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart) with the somewhat inadequate illustrations of the types of *Alethopteris bohémica* Franke and has since proved in error (Wagner, in Wagner & Breimer, 1958, p. 18, 26; Jongmans, 1960, p. 67).

When preparing a monograph on Upper Westphalian and Stephanian Alethopterids, the present writer worked out a list of synonymy for *Alethopteris grandini* Zeiller (non Brongniart) and assembled a number of specimens

to serve as a basis for description. While this work was in progress, a visit was received from Dr. Ch. Greber (Paris), who informed the writer that the species discussed here had been recorded for some time under the name of *Alethopteris zeilleri* in unpublished reports. In order to avoid a duplication of names, it was then decided to adopt this name for a systematic description and valid introduction of this species. The writer's intention to introduce formally the species *Alethopteris zeilleri* Wagner has been stated on various occasions, the most notable one being the inclusion of a complete list of synonymy in Jongmans, 1957 (Fossilium Catalogus, Plantae, pars 30-3, p. 175-176). The species name was also mentioned in Jongmans (1960). Unfortunately, the writer was unaware of the fact that a description of *Alethopteris grandini* forma *zeilleri* had already been produced by Mlle L. Ragot in an unpublished paper written for a Diplôme d'Études Supérieures at the University of Paris. Although Ragot did not name any type specimens and the report had not been published, it would seem only just to attribute authorship to Ragot and not to the present writer. Since this is the first time that a full description of the species appears in print, it is here recorded as *Alethopteris zeilleri* Ragot nmsr. No types have yet been designated, because it is intended to base the species on some material outside the coalfield of Cñera-Matallana, which finds no place in the present paper. They will be designated in the monograph mentioned earlier (in preparation). A discussion on the different forms of *Alethopteris* from the French Carboniferous, which were included by Ragot in the synonymy of her *Alethopteris grandini* forma *zeilleri*, may also be postponed till the monograph has been completed. The writer is grateful to Dr. Ch. Greber for his kindness in making available the unpublished manuscript of Mlle Ragot's work.

Remarks on figured specimens:

A portion of the terminal part of a pinna of the penultimate order has been figured on Pl. 27, fig. 73. It shows the rapid transition from lengthened pinnules with undulating borders to pinnae of the last order with well individualized pinnules.

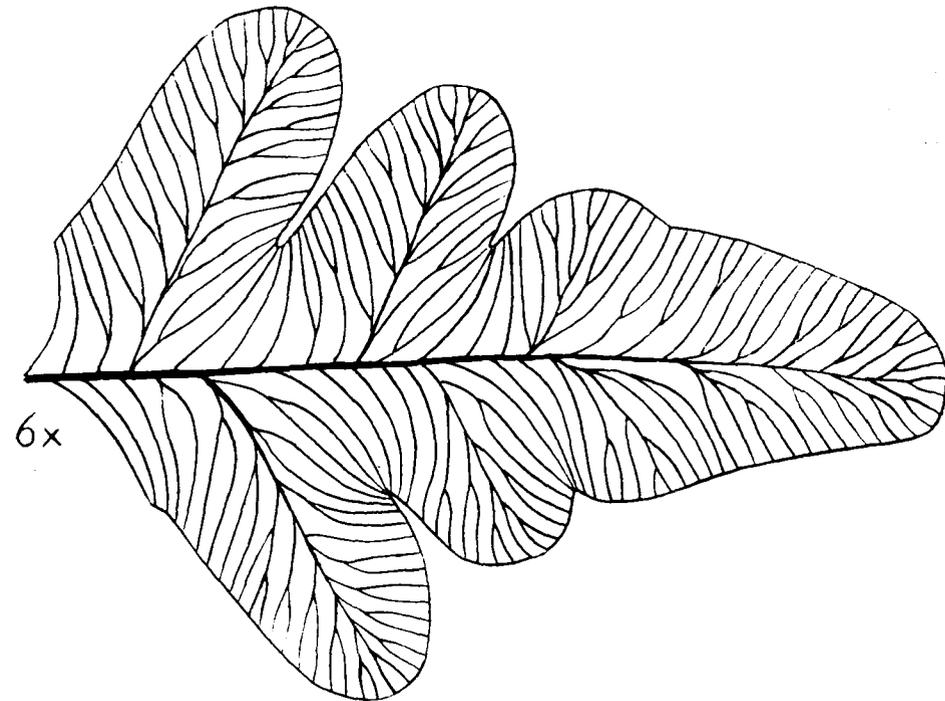
The short, well rounded terminal to a pinna of the last order is reproduced on Pl. 26, fig. 68 (Pl. 27, fig. 68 a). The same specimen also shows the rather wide nervation in clearly confluent, funnel-shaped pinnules of somewhat smaller than average dimensions (see also textfigs 14 and 15).

Longer pinnules of broadly linear aspect are visible in the specimen figured on Pl. 26, fig. 66, which also shows a terminal which is partly immersed in the rock. An enlargement of the same figure is given in Wagner, 1965 (Pl. 45, fig. 94).

A less typical example of *Alethopteris zeilleri* Ragot is found on Pl. 26, fig. 67, which reproduces a specimen with slightly biconvex sides and a rela-

tively crowded nervation. This specimen is similar to *Alethopteris bohémica* Franke, but cannot be identified with the latter because of the broadly rounded apices and clearly confluent bases of its pinnules.

Another fragment with long, funnel-shaped pinnules (Pl. 27, fig. 74) is completely typical for *Alethopteris zeilleri* Ragot.



Textfig 15:

Tracing of the apical part of the pinna figured on Pl. 26, fig. 68, which has been enlarged six times to show details of the nervation of *Alethopteris zeilleri* Ragot.

Calco sobre la parte apical del ejemplar de *Alethopteris zeilleri* Ragot, que esta reproducido por la lámina 26, fig. 68 (lám. 27, fig. 68 a), y que aumentamos seis veces para mostrar el detalle de la nervación. El final de pina muestra muy bien la pínula apical pequeña y redondeada en el ápice.

Stratigraphic distribution:

According to Ragot (1955), the species would be very rarely represented in strata of Stephanian A age, whilst being abundantly found in rocks of Stephanian B and C ages. This is exactly the same distribution of *Alethopteris zeilleri* as observed in N. W. Spain, where the species has been found

mainly with transitional elements to *Alethopteris grandinioides* in lower Stephanian A strata, whilst typical examples of *Alethopteris zeileri* occur in abundance only in strata of Stephanian B and C ages. A curious fact is the scarcity of specimens of *Alethopteris zeileri* Ragot in middle to upper Stephanian A strata, as known from the coalfield of Barruelo (Palencia). A similar, though not identical species, characterised by generally smaller pinnules with a denser nervation, was described from this coalfield under the name of *Alethopteris barruelensis* Wagner (in C. R. 5^e Congrès Carbonifère, Paris 1963, p. 846, Pl. II, figs. 22-23).

Alethopteris zeileri Ragot is widely distributed throughout Europe and North America. It is known from Stephanian B and C strata in France, Portugal, Spain, Switzerland, Bohemia, Germany and North America (compare list of synonymy).

Occurrence in the region of Ciñera-Matallana:

The species has been found in numerous localities of the Ciñera-Matallana coalfield. Although it ranges throughout the Stephanian B succession in this coalfield, it has proved to be particularly abundant in the Lower Coal-Bearing formation (lower Stephanian B). It was found in the following localities: tips of the seam Pastora (loc. 338, 339), tip of the Ibarra colliery (loc. 351 = loc. 1143), outcropping shales of the Lower Coal-Bearing formation east of Vegacervera (loc. 926, 928, 929), tip of the mine San Francisco, near Correcillas (loc. 931), tip immediately east of Villar del Puerto (loc. 1057), tips on the western bank of the river Torío (loc. 1059), tips in the valley of Faya (loc. 1067), tip on the northern slope of the Cueto de San Mateo (loc. 1068), outcropping shales in the road-cutting northeast of Pola de Gordón (loc. 1076), roof-shales of a coal smut at some 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099), shales immediately below seam O of La Competidora complex (loc. 1136, 1139), tip of the mine at Coladilla (loc. 1158), roof-shales of the main seam of the Lower Coal-Bearing formation in the Ibarra colliery (loc. 1202), shales below the first rider seam of the main coal seam in the Ibarra colliery (loc. 1204), roof-shales of the seam Tisica in the mine at Coladilla (loc. 1208), shale wedge in the seam No. 3 of the Lower Coal-Bearing formation in the mine at Coladilla (loc. 1209), at the base of the main coal seam of the Lower Coal-Bearing formation in the Esperanza valley section (loc. 1233), shales below a coal smut at 440 metres above the first *Leaia* band in the Esperanza valley section, Bienvenidas formation (loc. 1271), roof-shales of a coal smut at 541 metres above the first *Leaia* band in the section of Cotil de Fierros (loc. 1286), tip of the mine Collín, San José formation (loc. 1303), upper part of Lower Coal-Bearing formation in the ex-

posures east of Vegacervera (loc. 1318), tip in the upper part of the valley northeast of Villalfeide, at approximately 1600 metres from the village (loc. 1332), shales in the upper part of the Bienvenidas formation exposed in the Valcayo section northwest of Orzonaga (loc. 1429), shales in the lower part of the Matallana formation exposed in the Valcayo section northwest of Orzonaga (loc. 1436), shales at about 15 metres below the seam Alvaro of the Matallana formation in the Valcayo section northwest of Orzonaga (loc. 1443).

(to be continued)

Recibido el 1-VII-1964.

EXPLANATION OF PLATES

(Explicación de las láminas)

All the figures are natural size, unless stated otherwise. Most of the specimens illustrated are deposited in the collections of the Institute «Lucas Mallada» at the National Museum for Natural History, Castellana, 84, Madrid. The specimens figured on Pl. 20, figs. 48, 48 a; Pl. 21, figs. 51-53 a and Pl. 26, figs. 69, 70 are in the fossil plant collection of the «Geologisch Bureau» at Heerlen, The Netherlands. Duplicate specimens and counterparts of figured material have been housed in the Geology Department, University of Sheffield, England.

Most of the photographs have been taken by Mr. B. Pigott (Sheffield). The photograph reproduced on Pl. 20, figs. 48, 48 a is due to Mr. M. van Voskuylen (Heerlen). Grateful acknowledgment is made of a grant made by the Research Fund of the University of Sheffield to defray part of the expenses incurred for the reproduction of the plates.

* * *

Todas las figuras están a tamaño natural, si no se indica ampliación alguna en la explicación de láminas. Los ejemplares correspondientes a las figuras están en su mayor parte en el Instituto «Lucas Mallada», Museo Nacional de Ciencias Naturales, Paseo de la Castellana, 84, Madrid. Solamente los fósiles reproducidos por la lámina 20, figs. 48, 48 a, lám. 21, figs. 51-53 a, y lám. 26, figs. 69, 70, se encuentran en el «Geologisch Bureau» de Heerlen (Holanda). Material duplicado y contrahuellas de ejemplares figurados podrán verse en el «Department of Geology», Universidad de Sheffield (Inglaterra).

Agradecemos al Sr. B. Pigott (Sheffield) las fotografías que integran las láminas, exceptuando la foto de la lám. 20, figs. 48, 48 a, que se debe al Sr. M. van Voskuylen (Heerlen). Hacemos constar nuestro profundo agradecimiento hacia el «Research Fund», de la Universidad de Sheffield, que subvencionó la reproducción en fototipia de las láminas.

PLATE (LÁMINA) 20

Fig. 48. *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *gigas* (von Gutbier) Weiss.

Apical part of a pinna of the penultimate order (first order or termination of the frond? It clearly shows the basal catadromous lobes of lobing pinnules gradually evolving into intercalated pinnules which are inserted directly on the penultimate rachis. Note the quick lengthening of pinnules and pinnae of the last order. The specimen was previously figured in Wagner, 1962, Pl. 30, fig. 7; Cat. G. B. Heerlen No. 47744.

Origin: tip of the Ibarra Colliery, zone of Ciñera (loc. 351); Lower Coal-Bearing formation.

Parte apical de una pina del penúltimo (primer) orden (¿es terminación de la fronde?) que muestra los lóbulos basales de cada pinula lobulada, desarrollándose de tal manera que vienen a formar pinulas intercaladas entre pinas del último orden. Resulta notable la transformación rápida de pinulas alargadas a pinas del último orden que se encuentran en este final de pina. Este ejemplar fue figurado previamente por Wagner, 1962, Pl. 30, fig. 7. Cat. G. B. Heerlen 47744.

Procedencia: escombrera del pozo Ibarra, sección de Ciñera (loc. 351); paquete inferior de Ciñera-Matallana.

Fig. 48 a. A fragment of the same specimen, three times enlarged to show the closely packed nervules of pinnules and lobing pinnae.

Fragmento del mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación fina apretada.

Fig. 49. *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *gigas* (von Gutbier) Weiss.

Apical part of a pinna of the last order which shows the small terminal considered to be typical of this species.

Origin: sandy shales at 3.30 metres below seam Alvaro (?) in the Valcayo section NNW. of Orzonaga (loc. 1444); Matallana formation.

Una pina del último orden que enseña la pinula apical muy reducida, lo cual forma una de las características destacadas de la especie.

Procedencia: pizarras arenosas a 3,30 metros al muro de la capa ¿Alvaro? que aflora en el corte de Valcayo, al NNO. de Orzonaga (loc. 1444); paquete Matallana.

Fig. 50. *Callipteridium* (*Eucallipteridium*) *gigas* (von Gutbier) Weiss.

Fragment of a pinna of the last order with typical, linear pinnules.

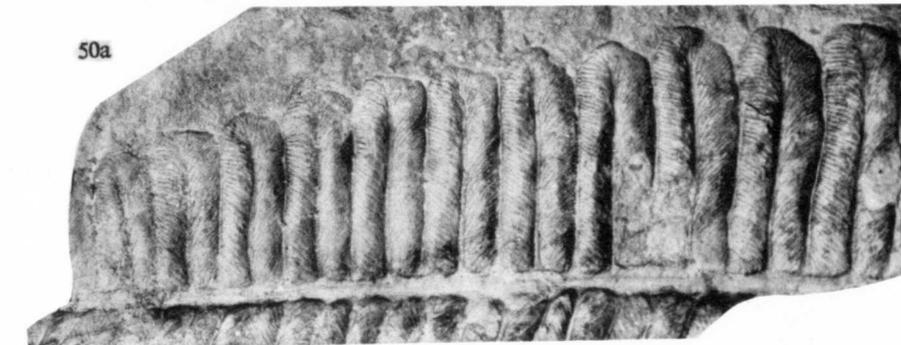
Origin: 3.30 metres below seam Alvaro (?), Valcayo section (loc. 1444); Matallana formation.

Fragmento de una pina del último orden con pinulas típicamente lineares.

Procedencia: 3,30 metros al muro de la capa ¿Alvaro?, corte de Valcayo (loc. 1444) paquete Matallana.

Fig. 50 a. The same specimen, three times enlarged to show better the linear shape of the pinnules and the closely spaced, not very oblique nervules.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para indicar mejor la forma lineal de las pinulas así como los nervios laterales poco oblicuos y densamente agrupados.



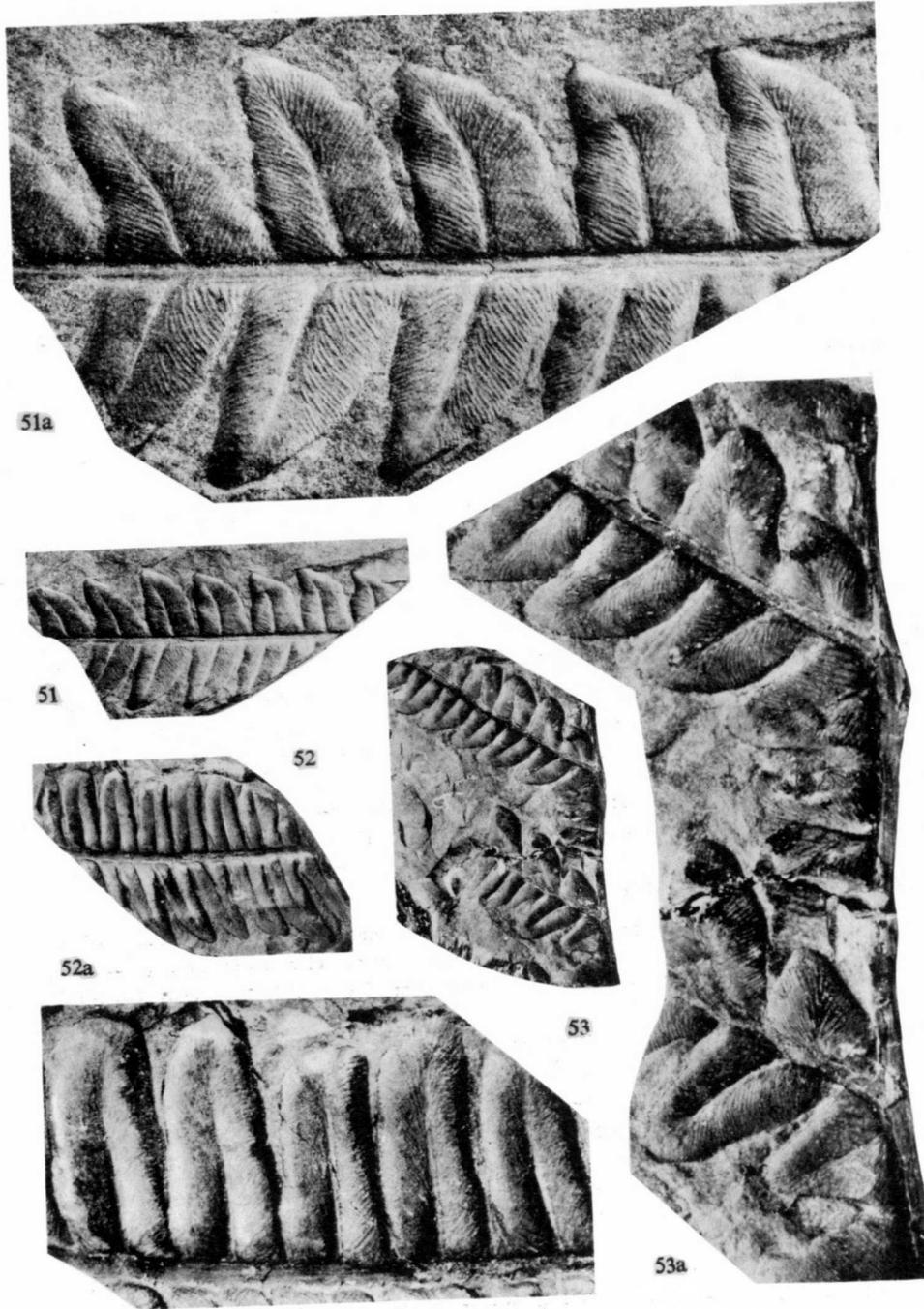


PLATE (LÁMINA) 21

Fig. 51. *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner (syntype).

Fragment of a pinna of the last order with subtriangular pinnules showing closely spaced nervules. Geol. Bureau Heerlen. Cat. No. 47794. Previously figured in Wagner, 1964, Pl. II, fig. 17.

Origin: tip of an abandoned mine at some 550 metres east of the Cueto de San Mateo (loc. 355); San José formation.

Fragmento de una pina del último orden, mostrando pínulas subtriangulares con una nerviación caracterizada por nervios finos y apretados. El ejemplar lleva el número de Catálogo 47794 (Geol. Bureau Heerlen). Figurado previamente por Wagner, 1964, lámina II, fig. 17.

Procedencia: escombrera de una mina abandonada a unos 550 metros al este del Cueto de San Mateo (loc. 355); paquete de San José.

Fig. 51 a. The same specimen, three times enlarged to show the nerviation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación.

Fig. 52. *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner (syntype).

Rather slender, elongate subtriangular pinnules showing closely spaced nervules. Geol. Bureau Heerlen. Cat. No. 47794.

Origin: tip east of Cueto de San Mateo (loc. 355); San José formation.

Pinulas alargadas, de forma subtriangular, que muestran los nervios laterales finos y apretados. Cat. Geol. Bureau Heerlen 47794.

Procedencia: escombrera al este del Cueto de San Mateo (loc. 355); paquete de San José.

Fig. 52 a. The same specimen, three times enlarged to show the nerviation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación.

Fig. 53. *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner.

Fragment of a pinna of the penultimate order which shows intercalated pinnules on the penultimate rachis as well as the ordinary pinnules. All pinnules are of the average type, subtriangular in shape. Geol. Bureau Heerlen. Cat. No. 47777. Previously figured in Wagner, 1964, Pl. II, fig. 18.

Origin: tip of the mine Conchita, some 600 metres east of Llombera (loc. 356); San José formation.

Fragmento de una pina del penúltimo orden con pínulas intercaladas sobre el raquis del penúltimo orden, así como pínulas ordinarias, todas de forma subtriangular. Cat. Geol. Bureau Heerlen 47777. Figurado previamente por Wagner, 1964, lám. II, fig. 18.

Procedencia: escombrera de la mina Conchita, a 600 metros aproximadamente al este de Llombera (loc. 356); paquete de San José.

Fig. 53 a. The same specimen, three times enlarged to show the nerviation characterised by closely spaced, fine nervules. Previously figured by Wagner, 1964, Pl. II, fig. 18 a.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar los nervios finos y apretados de las pinulas subtriangulares, típicas de la especie. Figurado previamente por Wagner, 1964, lámina II, fig. 18 a.

PLATE (LÁMINA) 22

Fig. 54. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner.

Apical part of a pinna of the last order showing the lanceolate terminal.

Origin: tip of the mine San Nicolás, mining section El Barrero, north of Orzonaga (loc. 1100); Matallana formation.

Parte apical de una pina del último orden que muestra la terminación lanceolada.

Procedencia: escombrera de la mina San Nicolás, grupo El Barrero, al norte de Orzonaga (loc. 1100); paquete Matallana.

Fig. 54 a. The same specimen, three times enlarged to show the wide nervation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación espaciada.

Fig. 55. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner.

Fragment of a pinna of the penultimate order which shows intercalated pinnules.

Origin: roof-shales of a non-workable coal seam in the road-cutting at about 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Fragmento de una pina del penúltimo orden mostrando pinulas intercaladas.

Procedencia: pizarras al techo de un carbonero que aflora en la carretera general, a unos 500 metros al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 55 a. The same specimen, three times enlarged to show the widely spaced nervules in typically subtriangular pinnules.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación espaciada en las pinulas subtriangulares que caracterizan a la especie.

Fig. 56. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner.

Terminal part of a pinna of the penultimate order showing progressive formation of intercalated pinnules as well as the general shape of the pinna.

Origin: tip of the mine San Nicolás, El Barrero section (loc. 1100); Matallana formation.

Final de una pina del penúltimo orden que muestra la introducción gradual de pinulas intercaladas, así como la forma esbelta de la pina.

Procedencia: escombrera de la mina San Nicolás, grupo El Barrero (loc. 1100); paquete Matallana.

Fig. 57. *Callipteridium (Eucallipteridium) striatum* Wagner.

Apical part of a pinna of the last order showing the fairly large, elongate terminal.

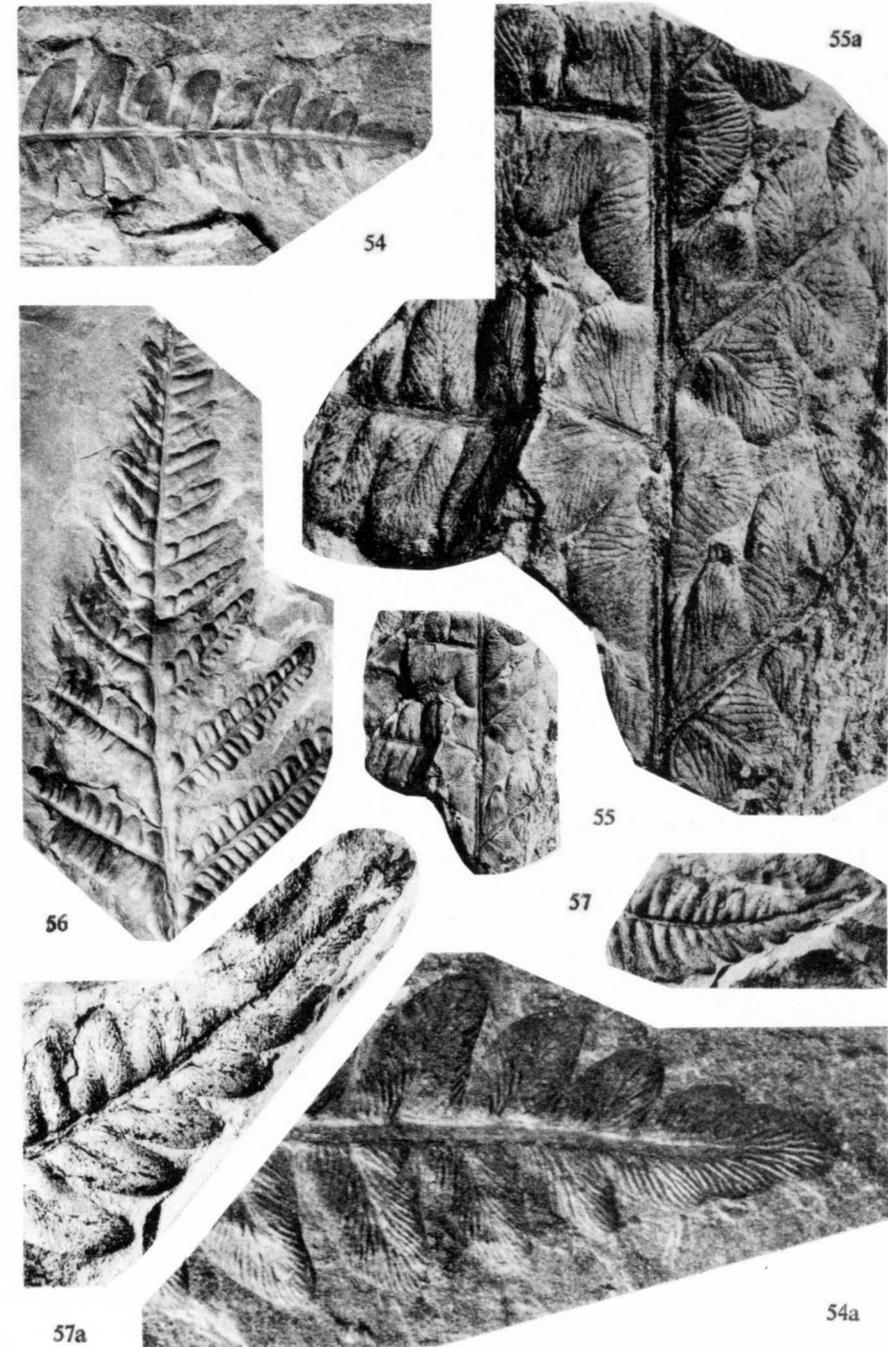
Origin: outcrop at some 500 metres SE. of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Parte apical de una pina del último orden que muestra la terminación lanceolada y relativamente grande.

Procedencia: unos 500 metros al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 57 a. The same specimen, three times enlarged to show the fine and closely spaced nervules as well as the long and slender terminal.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación fina y apretada, así como la terminación esbelta de la pina.



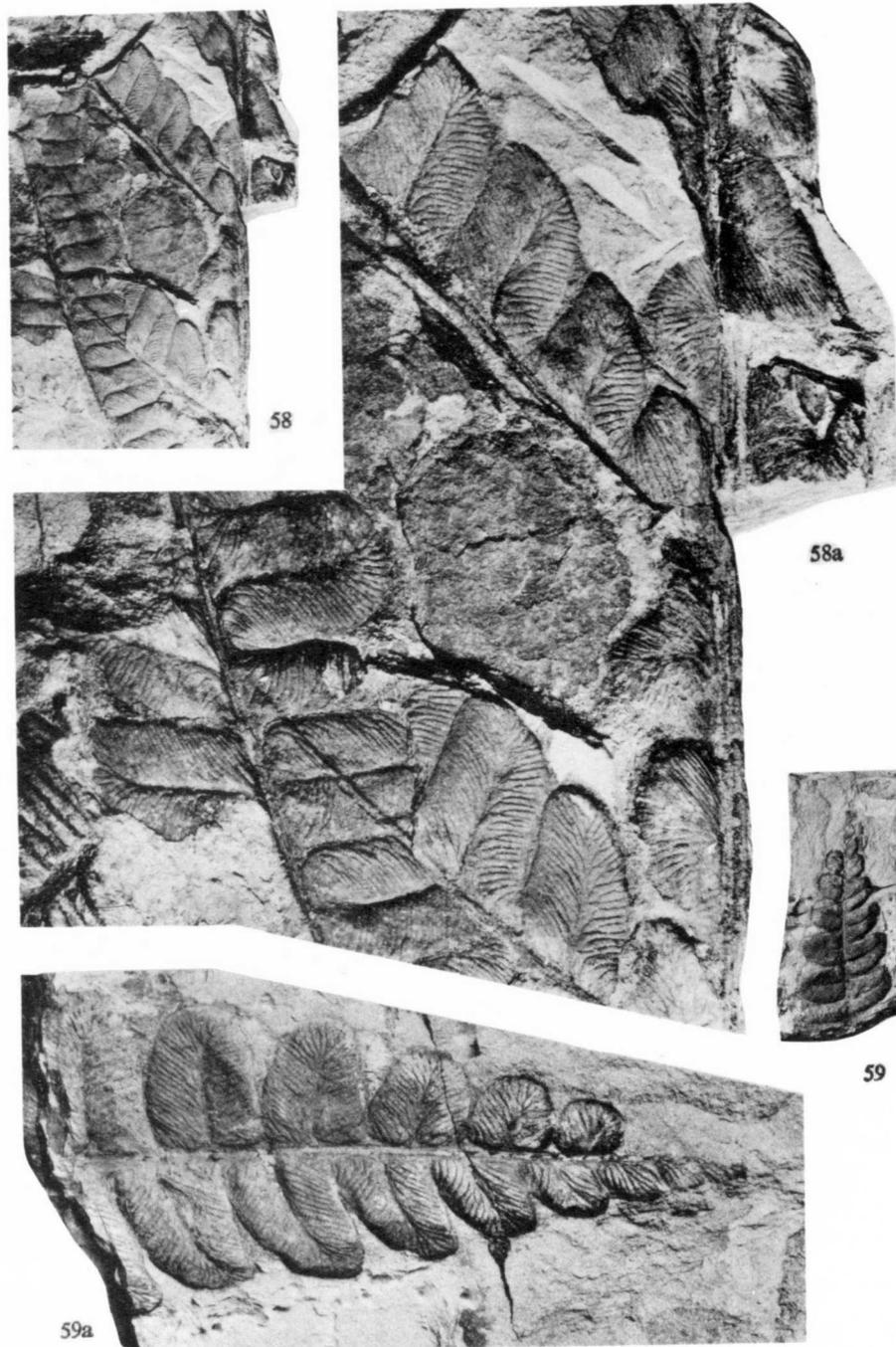


PLATE (LÁMINA) 23

Fig. 58. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner.

Fragment of a pinna of the penultimate order showing intercalated pinnules as well as ordinary pinnules of average size and the typical subtriangular shape.

Origin: roof-shales of a non-workable coal seam in the road-cutting at some 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Fragmento de una pina del penúltimo orden que muestra pínulas intercaladas sobre el raquis del penúltimo orden, así como pínulas normales de tamaño corriente.

Procedencia: pizarras al techo de un carbonero que aflora a unos 500 metros al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 58 a. The same specimen, three times enlarged to show details of the nervation which is characterised by widely spaced nervules.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar detalles de la nerviación que está caracterizada por nervios relativamente espaciados.

Fig. 59. *Callipteridium (Eucallipteridium) zeilleri* Wagner.

Apical part of a pinna of the last order showing the lanceolate terminal.

Origin: outcrop at some 500 metres SE. of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Parte apical de una pina del último orden que muestra la terminación lanceolada, así como las pínulas de forma subtriangular.

Procedencia: afloramiento a 500 metros aproximadamente al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 59 a. The same specimen, three times enlarged to show the rather wide nervation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación espaciada.

PLATE (LÁMINA) 24

Fig. 60. *Callipteridium (Eucallipteridium) cf. pseudogigas* Wagner.

Pinna fragment showing almost sublinear pinnules with a fairly wide nervation.
Origin: tip of the Ibarra Colliery, zone of Ciñera (loc. 351); ostracode-bearing shales;
Lower Coal-Bearing formation.

Fragmento de una pina que muestra pinulas de forma sublineal con una nerviación espaciada.

Procedencia: escombrera del pozo Ibarra, sección de Ciñera (loc. 351); pizarras con ostrácodos del paquete inferior.

Fig. 60 a. Part of the same specimen, three times enlarged to show details of the fairly wide nervation composed of irregularly branching nervules.

Parte del mismo ejemplar, que se ha ampliado tres veces para mostrar detalles de la nerviación bastante espaciada.

Fig. 61. *Alethopteris bohémica* Franke.

Fairly large pinnules which are characterised by a prominent midvein and closely spaced, fine laterals perpendicular on the pinnule border.

Origin: outcropping shales in the road-cutting immediately northeast of Pola de Gordón (loc. 1076); Lower Coal-Bearing formation.

Fragmento de pina con pinulas bastante grandes que muestran el nervio central grueso y bien destacado, así como los nervios laterales finos y densamente apretados. Llegan perpendicularmente sobre el borde de las pinulas.

Procedencia: afloramiento de pizarras en la carretera general al nordeste del pueblo de Pola de Gordón (loc. 1076); paquete inferior.

Fig. 62. *Alethopteris bohémica* Franke.

Apical part of a pinna of the last order which shows fairly broad, somewhat barrel-shaped pinnules.

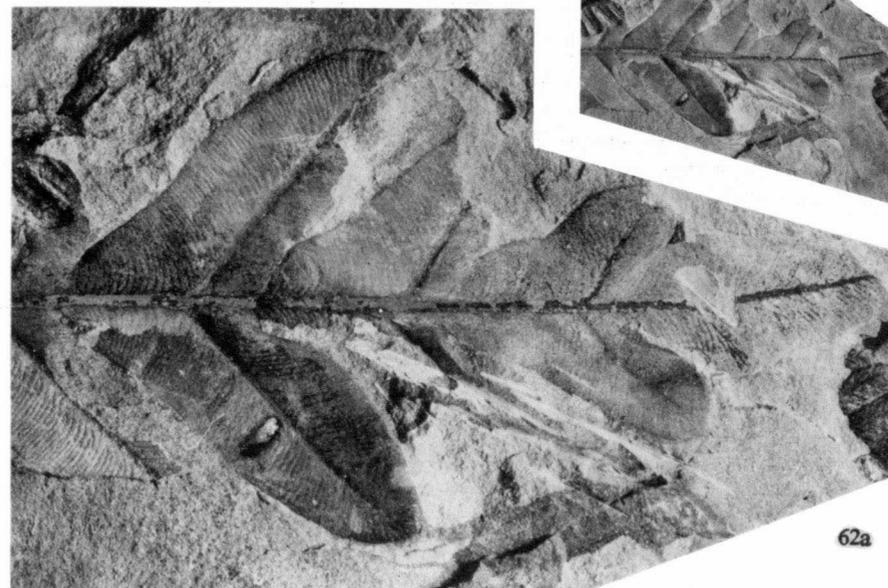
Origin: outcropping shales at about 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Parte apical de una pina del último orden que muestra pinulas relativamente anchas con los bordes laterales algo abombados.

Procedencia: afloramiento a unos 500 metros al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 62 a. The same specimen, three times enlarged to show the fine, closely spaced nervules.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para enseñar los nervios laterales, finos y bastante apretados.



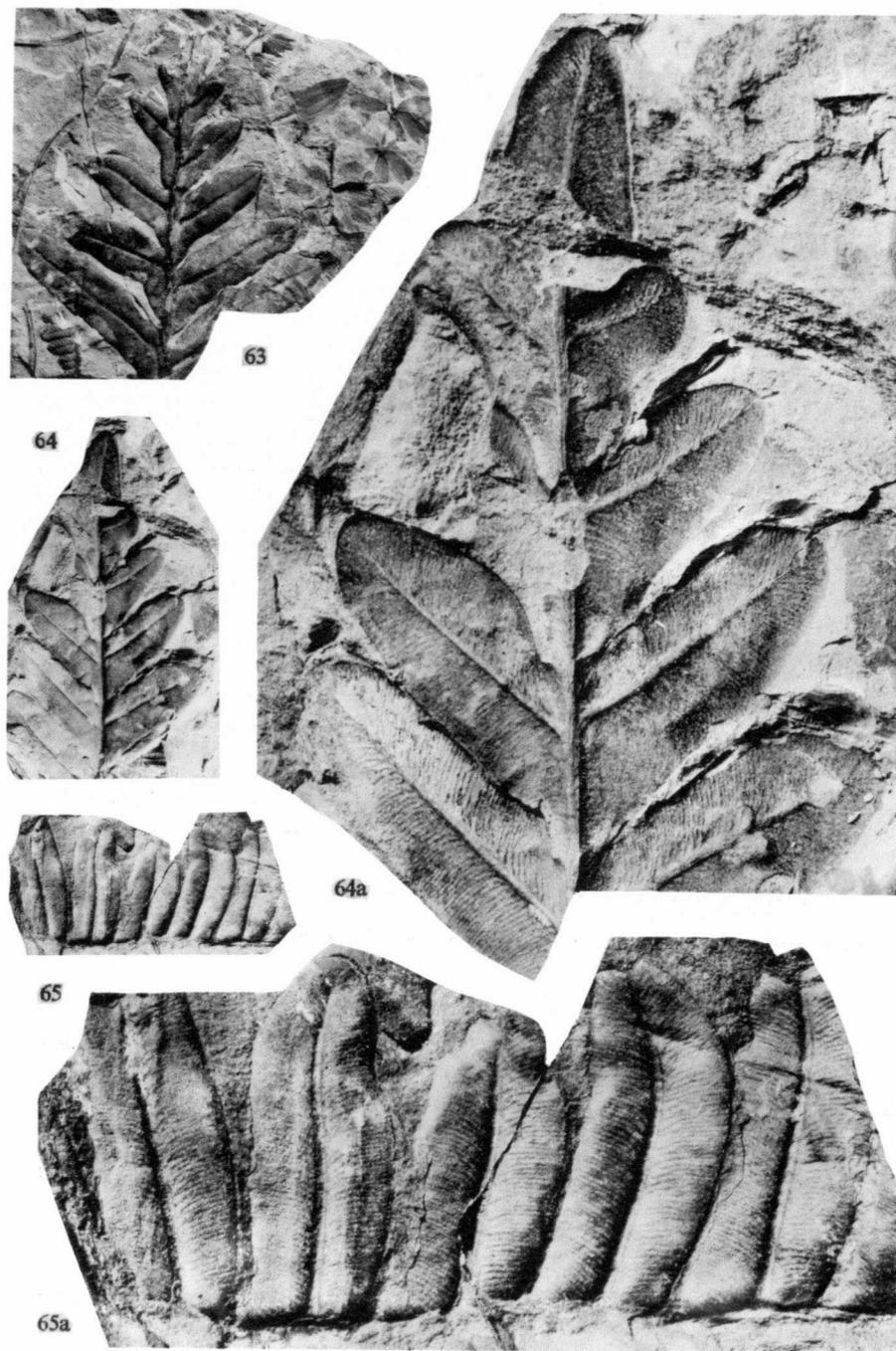


PLATE (LÁMINA) 25

Fig. 63. *Alethopteris bohemica* Franke.

Apical part of a pinna of the penultimate order showing a rapid increase in length of the pinnules. The specimen is accompanied on the right by a few whorls of *Sphenophyllum oblongifolium* Germar & Kaulfuss.

Origin: outcrops at about 500 metres southeast of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Un final de pina del penúltimo orden que muestra el rápido aumento del largo de las pínulas. A la derecha están varios verticilos de *Sphenophyllum oblongifolium* Germar & Kaulfuss.

Procedencia: afloramientos a 500 metros aproximadamente al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 64. *Alethopteris bohemica* Franke.

Apical part of a pinna of the last order which shows the small, robust terminal and the somewhat barrel-shaped pinnules.

Origin: some 500 metres SE. of Pola de Gordón (loc. 1099); Roguera formation.

Parte apical de una pina del último orden, que enseña la pinula apical, así como las pínulas corrientes, de forma algo abombada por los dos bordes laterales.

Procedencia: unos 500 metros al sureste de Pola de Gordón (loc. 1099); paquete Roguera.

Fig. 64 a. The same specimen, three times enlarged to show the nervation.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nerviación.

Fig. 65. *Alethopteris bohemica* Franke.

Several pinnules of average size which show the almost pectopteroid insertion, slightly swollen lateral sides and obtusely pointed apex which are characteristic of the species. Origin: tip north of Serrilla (loc. 1079); Matallana formation.

Varias pínulas de tamaño corriente que muestran muy bien las características de la especie, es decir, las bases poco unidas, los bordes laterales algo abombados y los ápices ligeramente convergentes.

Procedencia: escombrera al norte de Serrilla (loc. 1079); paquete Matallana.

Fig. 65 a. The same specimen, three times enlarged to show the prominent midvein and fine, closely spaced laterals which are perpendicular on the pinnule border.

El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar el nervio central fuertemente acusado y los laterales finos y numerosos que llegan perpendicularmente sobre los bordes de las pínulas.

PLATE (LÁMINA) 26

Fig. 66. *Alethopteris zeileri* Ragot.

Apical fragment of a pinna of the last order with relatively long and narrow pinnules. Specimen also figured in Wagner, 1965, Pl. 45, fig. 94.

Origin: northeast of Pola de Gordón (loc. 1076); Lower Coal-Bearing formation.

Un final de pina del último orden con pinulas relativamente largas y estrechas. Figurado también por Wagner, 1965, lám. 45, fig. 94.

Procedencia: afloramientos al nordeste de Pola de Gordón (loc. 1076); paquete inferior.

Fig. 67. *Alethopteris zeileri* Ragot.

Some rather atypical pinnules which are relatively broad and which show a somewhat denser nervation than usually occurs in this species.

Origin: tip of the mine San Francisco, near Correcillas (loc. 931); Lower Coal-Bearing formation.

Algunas pinulas poco típicas, que se muestran relativamente anchas, además de la nervation relativamente apretada.

Procedencia: escombrera de la mina San Francisco, cerca del pueblo de Correcillas (loc. 931); paquete inferior.

Fig. 68. *Alethopteris zeileri* Ragot.

Apical part of a pinna of the last order which typically shows the short and blunt terminal as well as funnel-shaped pinnules.

Origin: roof-shales of the seam Tisica in the Lower Coal-Bearing formation at Coladilla (loc. 1204).

Un final de pina del último orden con la pinula apical ancha y redondeada, de tamaño pequeño, que típicamente se encuentra en esta especie.

Procedencia: pizarras al techo de la capa Tisica, mina de Coladilla (loc. 1204); paquete inferior.

Fig. 69. *Alethopteris leonensis* Wagner (syntype).

Apical part of a pinna of the penultimate order which shows fairly long and slender pinnules passing into relatively short pinnules which are somewhat atypical. Specimen also figured in Wagner, 1965, Pl. 48, fig. 97; Cat. G. B. Heerlen No. 47786.

Origin: tip of the mine Conchita, east of Llombera (loc. 356); San José formation.

Parte apical de una pina del penúltimo orden que muestra el paso de pinulas lineares en la parte superior de la pina a otras pinulas poco desarrolladas que resultan poco típicas de la especie. Ejemplar figurado también por Wagner, 1965, lám. 48, fig. 97; Catálogo Geol. Bureau Heerlen 47786.

Procedencia: escombrera de la mina Conchita (loc. 356); paquete de San José.

Fig. 70. *Alethopteris leonensis* Wagner (syntype).

Fragment of the lower part of a pinna of the penultimate order, showing the typical linear pinnules. Specimen also figured in Wagner, 1964, Pl. II, fig. 20; 1965, Pl. 47, fig. 96; Cat. G. B. Heerlen No. 47786.

Origin: mine Conchita near Llombera (loc. 356); San José formation.

Fragmento de la parte baja de una pina del penúltimo orden que muestra pinulas pecteroideas de forma típicamente lineal. Ejemplar figurado también por Wagner, 1964, lámina II, fig. 20; 1965, lám. 47, fig. 96; Catálogo Geol. Bureau Heerlen 47786.

Procedencia: mina Conchita (loc. 356); paquete de San José.

Fig. 71. *Alethopteris leonensis* Wagner.

Apical part of a pinna of the last order showing the linear terminal.

Origin: tip of the mine La Gamonera (loc. 1075); San José formation.

Parte apical de una pina del último orden, mostrando la terminación.

Procedencia: escombrera de La Gamonera (loc. 1075); paquete de San José.

Fig. 72. *Alethopteris leonensis* Wagner.

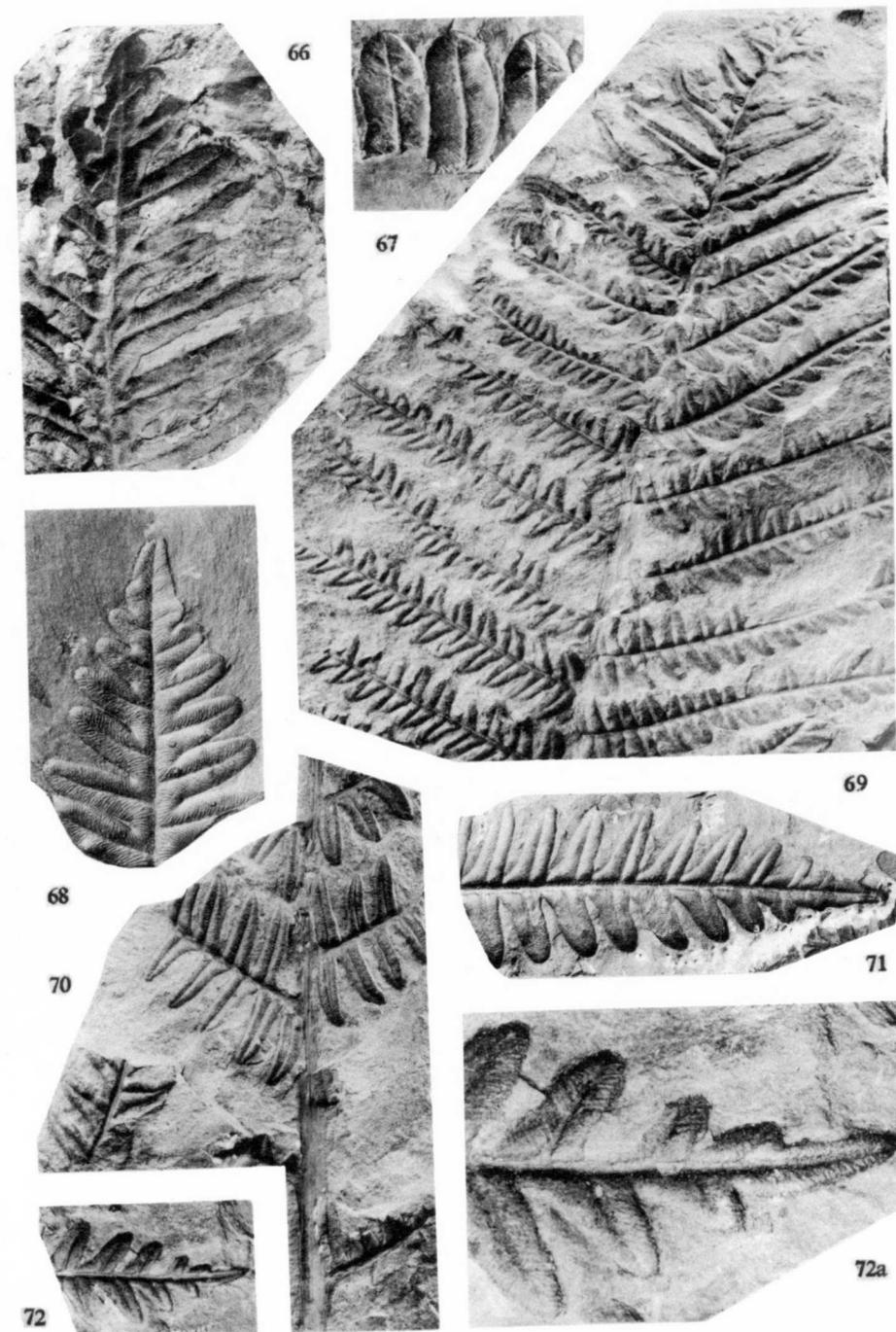
Apical part of a pinna of the last order showing the typical, linear terminal.

Origin: roof-shales of the seam Estrecha in the mine Conchita, near Llombera (loc. 1307); San José formation.

Parte apical de una pina del último orden que muestra la forma típicamente lineal de la pinula apical.

Procedencia: capa Estrecha de la mina Conchita (loc. 1307); paquete de San José.

Fig. 72 a. The same specimen, three times enlarged to show the relatively crowded nervation. El mismo ejemplar, aumentado tres veces para mostrar la nervation bastante apretada.



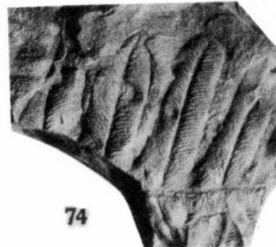
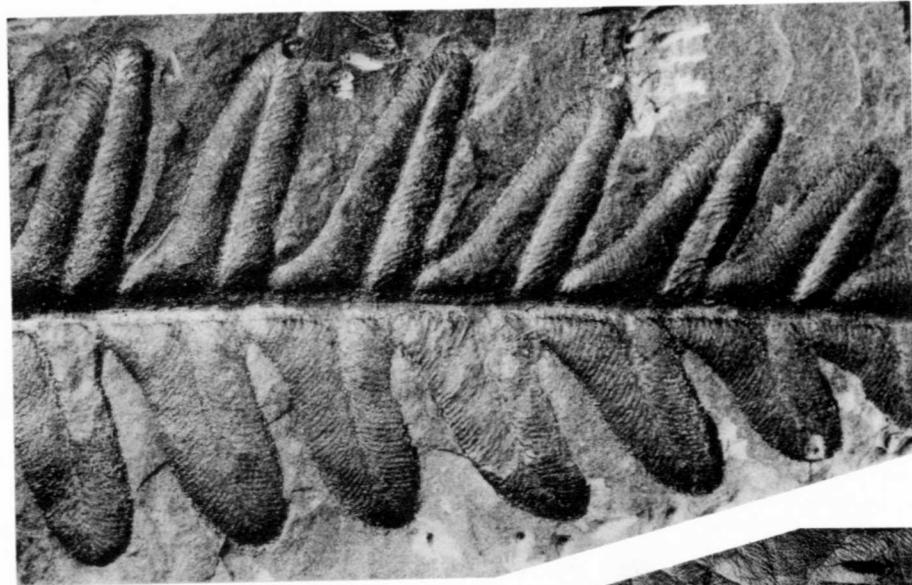


PLATE (LÁMINA) 27

Fig. 68 a. *Alethopteris zeilleri* Ragot (67 a on the plate).

The same specimen as figured on Pl. 26, fig. 68, which has been enlarged three times to show the wide nervation.

Origin: seam Tisica of the Lower Coal-Bearing formation at Coladilla (loc. 1204).

Un aumento por tres del mismo ejemplar figurado en la lámina 26, fig. 68, lo cual facilita el detalle de la nerviación espaciada.

Procedencia: capa Tisica del paquete inferior de Coladilla (loc. 1204).

Fig. 71 a. *Alethopteris leonensis* Wagner.

A part of the same specimen as figured on Pl. 26, fig. 71, which has been enlarged three times to show the rather closely spaced nervules.

Origin: tip of the mine La Gamonera (loc. 1075); San José formation.

Una parte del mismo ejemplar figurado en la lám. 26, fig. 71, lo cual está aumentada tres veces para mostrar el detalle de la nerviación bastante apretada.

Procedencia: mina La Gamonera (loc. 1075); paquete de San José.

Fig. 73. *Alethopteris zeilleri* Ragot.

Fragment of the apical part of a pinna of the penultimate order which shows lobing pinnules passing into pinnae of the last order.

Origin: tip at Villar del Puerto (loc. 1057); Lower Coal-Bearing formation.

Fragmento de una pina del penúltimo orden que muestra el paso de pínulas lobuladas a pínulas del último orden.

Procedencia: escombrera al este de Villar del Puerto (loc. 1057); paquete inferior.

Fig. 74. *Alethopteris zeilleri* Ragot.

Typical funnel-shaped pinnules with a wide nervation.

Origin: tip of exploratory workings on the northern slope of the Cueto de San Mateo (loc. 1068); Lower Coal-Bearing formation.

Pínulas de tamaño regular que muestran los bordes paralelos, el ápice redondeado y la nerviación espaciada.

Procedencia: escombrera en la ladera septentrional del Cueto de San Mateo (loc. 1068); paquete inferior.

J. A. MARTINEZ ALVAREZ

NOTA SOBRE EL MANCHON WESTFALIENSE DE PENDUELES (LLANES - ASTURIAS)

RESUMEN

Se describe el hallazgo de un pequeño manchón westfaliense en la zona costera oriental de Asturias y relacionan las características geológicas del mismo.

* * *

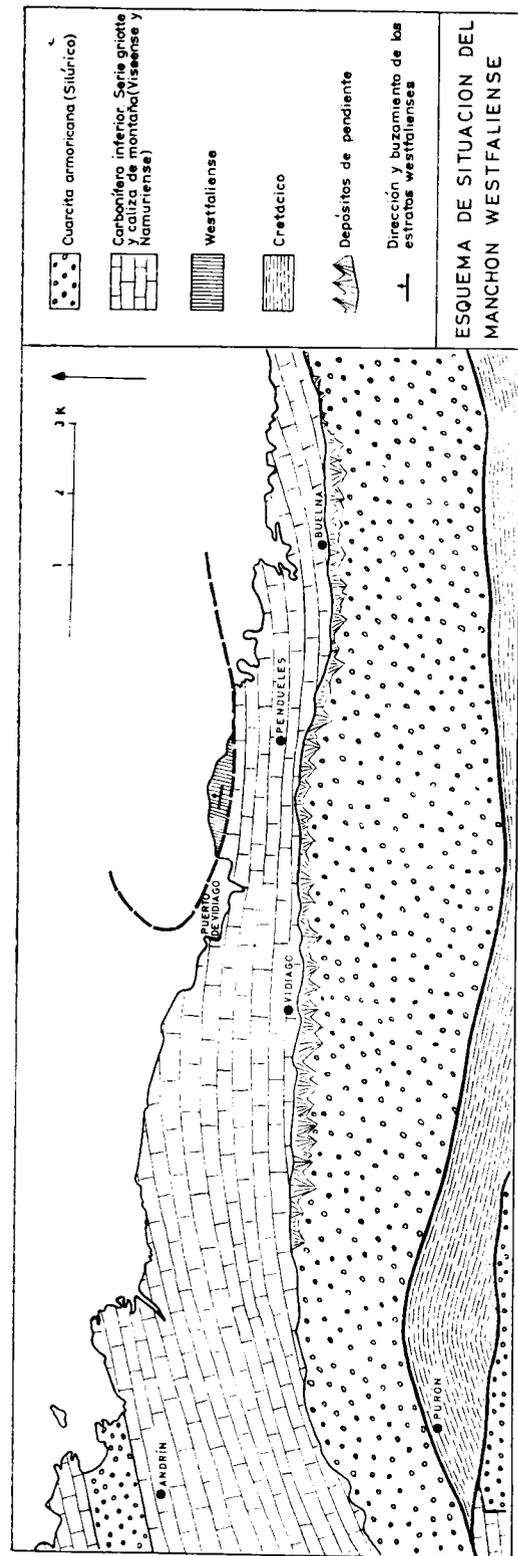
Al norte de la pequeña localidad de Pendueles (Llanes-Asturias), en la zona de costa comprendida entre el denominado Puerto de Vidiago y la playa de Pendueles, localizamos un pequeño afloramiento westfaliense cuyas características estratigráficas, tectónicas y geohistóricas recogemos en la presente nota.

Afloramiento no citado por los principales autores que estudiaron geológicamente la región, Schulz (1857), Barrois (1882), Adaro y Junquera (1915), Hernández Sampelayo y Kindelán (1950), tiene notable interés estratigráfico, por lo que hace referencia al estudio de las posibles características de prolongación del carbonífero productivo en el oriente de Asturias.

ESTRATIGRAFÍA

La base estratigráfica, bien definida, del Westfaliense que vamos a describir, está constituida por un espesor aproximado de 400 m. de caliza grisácea compacta. La misma se asimila perfectamente a la «caliza de montaña». Esta se apoya normalmente sobre las cuarcitas, supuestas silúricas (Arenigienses = skidawienses) de la Sierra de la Borbolla, por intermedio de la característica, y aquí notablemente desarrollada, serie de la «caliza griotte». Los materiales de la serie de la «caliza griotte» se suponen visceenses; la caliza de montaña, en relación con las últimas investigaciones, Namuriense.

En la serie westfaliense que se superpone a la caliza de montaña, se distinguen los tramos característicos siguientes:



A) Tramo calcáreo

Formado por caliza grisácea perfectamente estratificada. Los planos de estratificación están claramente señalados por la presencia de lechos de pizarras. El conjunto del tramo tiene aproximadamente 20 m. de potencia.

B) Tramo calcáreo-pizarroso

Formado por calizas gris oscuras alternando con pizarras y areniscas en casi perfecta ritmicidad y periodicidad. El total de este tramo tiene una potencia evaluable en 70-80 m.

C) Tramo arenoso

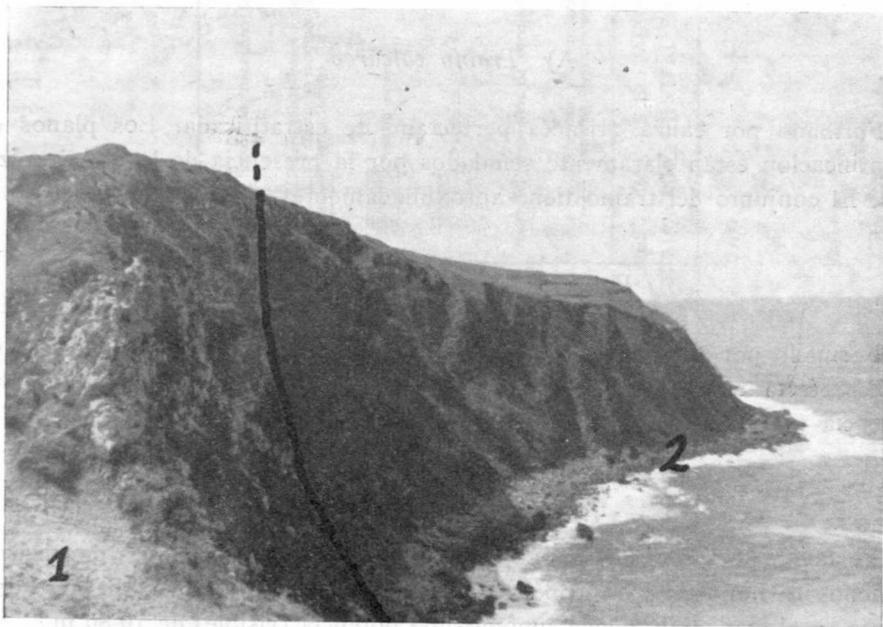
Formado por areniscas grisáceo-negruzcas con intercalaciones de pizarras y lechos carbonosos y sapropélicos. Tramo de difícil evaluación por adentrarse en el mar, se le puede suponer una potencia (visible) de 70-80 m.

El conjunto de la serie se muestra extremadamente pobre en restos fósiles. En los tramos A y B, no nos fue posible encontrar resto alguno. En el tramo C tampoco encontramos restos clasificables; sí, en cambio, abundantes fragmentos de tallos y troncos semimacerados.

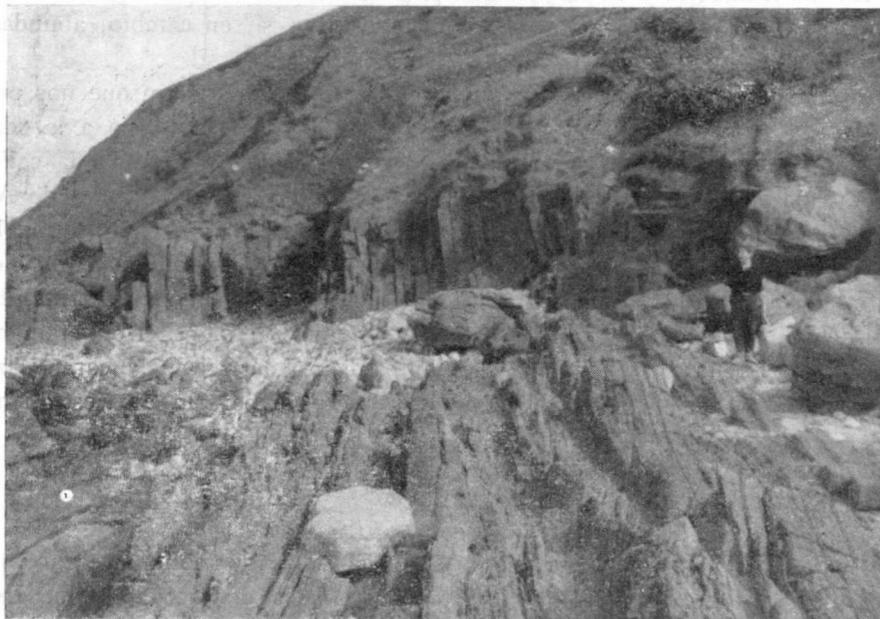
En el aspecto cronológico estratigráfico, la única conclusión que nos permiten deducir los datos paleontológicos es la que hace referencia a la edad carbonífera del paquete de materiales descrito. Su superposición a la caliza de montaña y semejanza de facies con el Carbonífero de otras zonas de Asturias, hacen sospechar una edad westfaliense y westfaliense baja (probablemente A-B). No obstante, el problema más concreto de su determinación westfaliense presenta las mismas dificultades y dudas que para la totalidad del Carbonífero de la región de Asturias. Siguiendo un criterio netamente faciológico y teniendo en cuenta el planteamiento actual de la caracterización del westfaliense asturiano, creemos poder compararlo al westfaliense bajo.

TECTÓNICA

El contacto del paquete westfaliense con la caliza de montaña es normal. En algunas zonas presenta síntomas excepcionales de mecanización. Esta circunstancia no es de extrañar en una tectónica tan apretada como la que corresponde a estos materiales de competencia tan diferentes. Este fenómeno es normal en la tectónica de la región. La caliza de montaña tiene sus



Vista parcial del contacto de la serie westfaliense con la caliza de montaña. 1: Caliza de montaña; 2: Serie westfaliense.



Vista parcial de la serie pizarroso-arenosa del Westfaliense. (Ftes. Martínez.)

estratos subverticales y orientados en dirección E.-W.; tal disposición se conserva en el paquete de materiales westfalienses.

El conjunto parece corresponder con el flanco de un sinclinal westfaliense de orientación general E.-W. El pliegue suponemos que debía de tener escaso desarrollo. En tal sentido estaría de acuerdo con la tónica que se parece observar para el westfaliense del Carbonífero del oriente de Asturias. En esta zona la pauta tectónica la da el Namuriense, con su espesor tan extraordinario y tectónica tan compleja y desarrollada.

Por otra parte, no se debe de silenciar la circunstancia de su posible modificación por las fallas alpinas. A lo largo de toda la línea de costa se observan retazos de Cretácico que parecen determinar una línea de falla según la misma. En tal caso, el manchón westfaliense estudiado estaría muy probablemente desgarrado por la tectónica alpina.

CONCLUSIONES

1.^a En la línea de costa, al N. de Pendueles (Llanes-Asturias), existe un manchón westfaliense no reconocido por los autores que estudiaron la región.

2.^a Estratigráficamente en tal manchón, concordante con la caliza de montaña Namuriense, se distinguen tres tramos: A) Tramo calcáreo; B) Tramo calcáreo-pizarroso, y C) Tramo arenoso.

3.^a Cronológicamente parece corresponder, por estratigrafía comparada, al Westfaliense bajo (A-B probablemente).

3.^a Tectónicamente, el conjunto del manchón corresponde al flanco de un sinclinal de orientación E.-W.

*Seminario Geológico del Noroeste
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
de Minas de Oviedo.*

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIAS

- SCHULZ, G. (1837): *Descripción geológica de la provincia de Oviedo.*
 BARROIS, CH. (1882): *Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice*
 ADARO, L. y JUNQUERA, A. (1915): *Minales de hierro de Asturias.*
 MENGAUD, L. (1920): *Recherches géologiques dans la région cantabrique.*
 KARREMBERG, H. (1934): *Evolución postvariscica de la cordillera Cantabro-Astúrica.*
 HERNÁNDEZ SAMPelayo, P. y KINDELÁN, J. A. (1950): *Explicación de la Hoja 32, correspondiente a Llanes, del I. G. y M. de España.*
 MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A. (1961): *Primera campaña de reconocimiento geológico del oriente de Asturias.*
 — — *Esquema geológico del oriente de Asturias a escala 1:100.000.* En publicación
 — — *Aportación al conocimiento estructural de la «rodilla astúrica».*
 — — *Mapa geológico del Carbonífero de Asturias.* En publicación.

Recibido en julio de 1964.

ESTEBAN MARQUEZ TRIGUERO

SOBRE UN NUEVO YACIMIENTO DEL PALEOLITICO EN COSLADA (MADRID)

RESUMEN

En este trabajo se describen nuevas localidades del Paleolítico inferior en las proximidades de Coslada (Madrid).

La industria lítica encontrada se halla entre los elementos de una terraza cuaternaria que yace sobre las margas del Mioceno y presenta dos niveles bien diferenciados. Uno inferior, arenoso, con gravas y cemento calcáreo, y otro superior, de arcillas oscuras que afloran en la comarca.

Entre los útiles encontrados destaca un grupo de hachas de pequeño tamaño, un cuchillo de tipo ibero-mauritánico y un hacha trapezoidal de lidita.

Acompañan fotografías de diverso material y abundante bibliografía sobre los yacimientos prehistóricos de Madrid.

RÉSUMÉ

Ce travail nous donne une description de nouveaux villages du Paléolithique inférieur dans les environs de Coslada (Madrid).

L'industrie lithique qui a été se trouve entre les éléments d'une terrasse quaternaire qui git sur les marnes du Miocène et présente deux niveaux bien différenciés. L'un est inférieur, sablonneux et contient des graviers et du ciment calcaire; l'autre est supérieur et est composé d'argiles obscures qui affleurent dans la région.

Parmi les outils qui ont été découverts, nous devons souligner un groupe de haches de petite taille, un couteau de type mauritanique (ibero-mauritanique) et une hache trapézoïdale en lidite.

Ci-joint des photographies du matériel découvert et une abondante bibliographie sur les gisements préhistoriques de Madrid.

SUMMARY

This work describes new areas of the lower Paleolithic period in the proximities of Coslada (Madrid).

The lithic implements found among the elements of a quaternary terrace which lies over the Niocene marls and presents two well-defined levels. One lower one, sandy, with gravel and calcareous cement, and another higher one, with dark clay which crops out in that district.

Among the implements found, a group of small hatchets is outstanding, also a knife of the Ibero-Mauritanian type and a lydite trapezoidal ax.

Attached are photographs of miscellaneous material and plentiful bibliography concerning the prehistoric beds of Madrid.

En la investigación que venimos realizando en esta parte de la provincia de Madrid, hemos podido descubrir, en el terreno cuaternario, varios yacimientos del Paleolítico inferior, siendo los más notables, el anteriormente descrito de Vallecas y este de Coslada, de características diferentes.

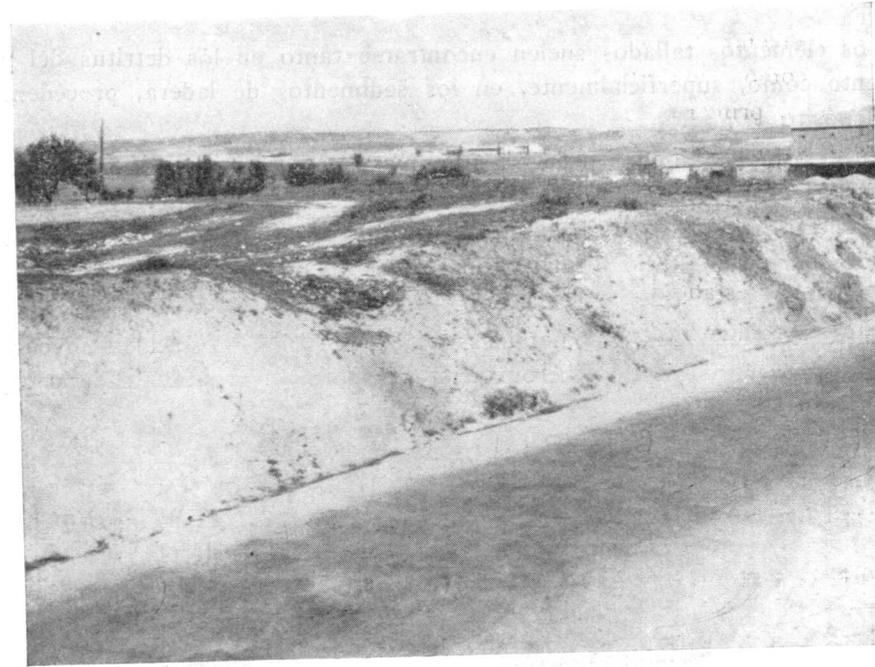
El terreno está constituido aquí por una terraza pleistocena perteneciente a la antigua cuenca del río Jarama, que descansa sobre las margas verdes del Mioceno.

La zona de interés, por sus hallazgos de útiles tallados, abarca una extensa región limitada por los ferrocarriles de Madrid a Zaragoza, al SE. de Coslada, por el de Vicálvaro a Coslada, al NW., y por el ramal que une estos dos, por el N., hacia San Fernando de Henares. Por toda esta región de la provincia de Madrid pueden recogerse pedernales con talla evidentemente humana: si bien, donde reúne mejores condiciones de yacimiento, para su estudio, es en una localidad próxima al pueblo de Coslada, de donde procede la mayor parte del material recogido.

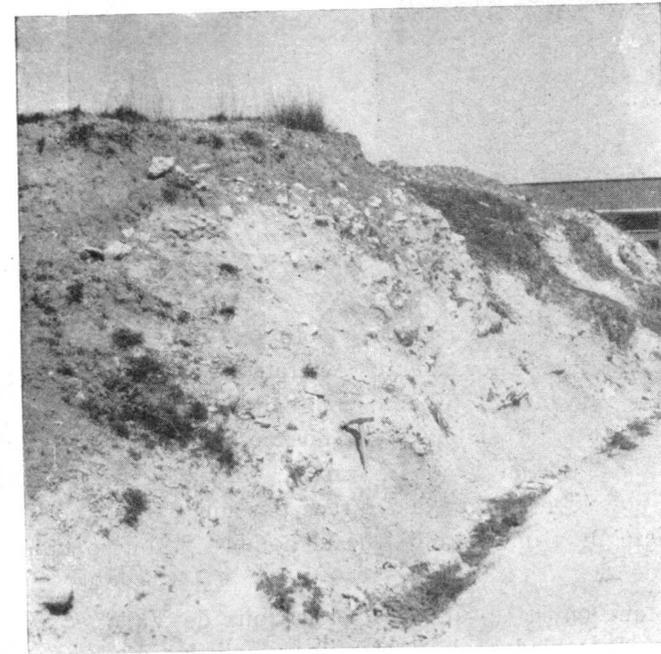
Se halla situada esta localidad junto a la carretera de Coslada a San Fernando de Henares, como a 250 metros de aquella población, y poco antes de llegar al valle por donde se extiende el ferrocarril de Zaragoza. La terraza se halla, aquí, intensamente erosionada en su borde, dando lugar a un marcado escalón, que aflora en las trincheras de la carretera. Puede seguirse este zócalo de terrazamiento, más o menos recubierto por las arcillas superficiales, en una gran extensión de terreno, dando lugar a isleos que descansan, unas veces, sobre las margas yesíferas, y otras, sobre las margas verdes magnesíferas, como en Coslada.

Estos sedimentos del Paleolítico inferior corresponden, al parecer, a fondos de una extensa red fluvial, en los que se depositarían, por arrastre, los elementos tallados por el hombre, juntamente con arenas y fragmentos de pedernal, procedentes de los estratos pontienses. Alternan capas de arenas limpias, en estratificación cruzada, con lechos o bancos de gravas gruesas cementadas con material arcilloso, dando lugar, en algunos puntos, a una verdadera brecha.

Donde mejor pueden observarse las condiciones del yacimiento es a ambos lados de la carretera, principalmente en el desmonte practicado para un solar en construcción. Aquí se aprecia perfectamente el corte de las capas con útiles tallados, siendo muy notable, en una corta extensión, la diferenciación y espesor de los sedimentos. Más que de mantos regulares y homogéneos, como sucede en otros lugares, se trata aquí de bancos de arenas y gravas en forma de lentejones (fotos 1 y 2).



Fot. 1.—Vista del yacimiento paleolítico en la carretera de Coslada a San Fernando de Henares.

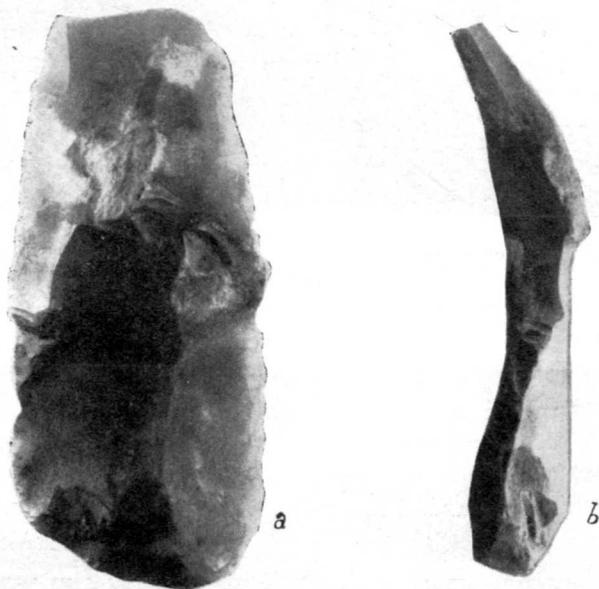


Fot. 2.—Detalle del yacimiento de Coslada (Madrid).

Los elementos tallados suelen encontrarse tanto en los detritus del yacimiento como, superficialmente, en los sedimentos de ladera, procedentes del depósito primario.

En el primer caso, los pedernales aparecen entre las gravas, presentando las aristas cortantes y un brillo lustroso. Algunos se hallan recubiertos de una película arcillosa de cementación. Cuando los útiles se encuentran esparcidos por el suelo, están muy patinados y presentan las aristas suavizadas, pero en buen estado de conservación.

Entre los elementos más notables que he recogido, destacan: un cuchillo de dorso curvo, de tipo iberomauritánico (foto 3), procedente de la capa



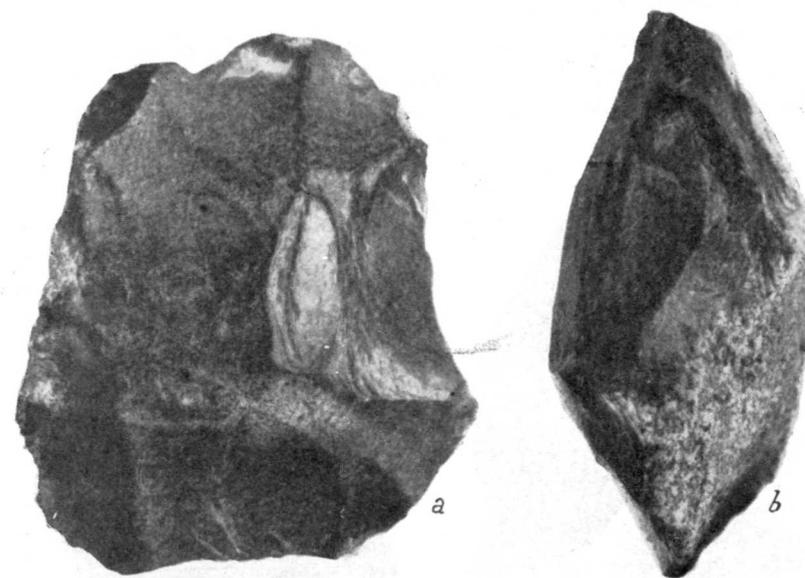
Fot. 3.—Cuchillo de Coslada. *a*, dorso; *b*, perfil. Tamaño natural.

de gravas, y cuatro hachas muy típicas (fotos 5 y 6), recogidas, en superficie, en las proximidades del afloramiento. Se trata de útiles de pequeño tamaño, con talla bifacial y formas de tránsito amigdaloido-triangular.

Proceden también de esta localidad diversos raspadores y puntas, de diferente tipología, y destaca, por su rareza, un hacha trapezoidal (foto 4), saltada de un nódulo de lidita, que ofrece por una cara la corteza granítica de origen; pieza muy interesante, que el hombre primitivo talló de un material importado de otra comarca.

Lo mismo que en las localidades de la zona de Vallecas, aparecen aquí algunas formas lanceoladas, de doble filo, y talladas por una sola cara.

La característica más notable de este yacimiento de Coslada es la mayor



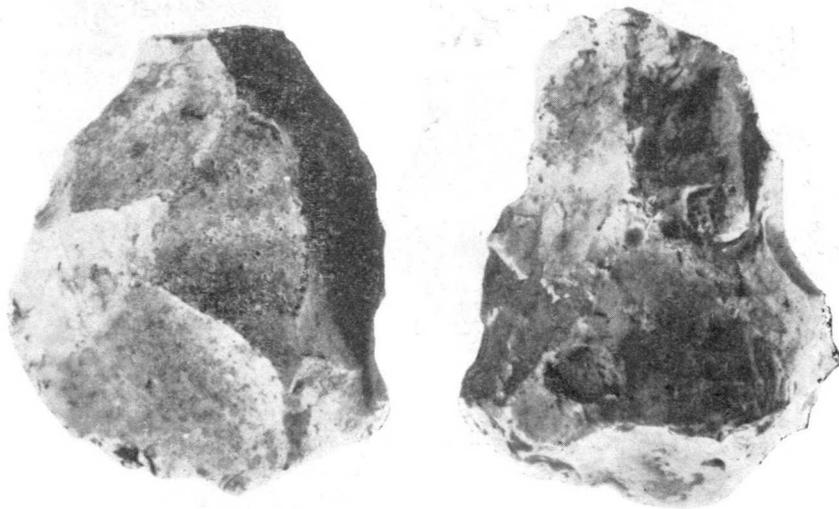
Fot. 4.—Hacha trapezoidal de lidita. *a*, dorso; *b*, perfil. Tamaño natural.



Fot. 5.—Hachas del yacimiento de Coslada. 2/3 del tamaño natural.

abundancia de hachas de mano, correspondientes, al parecer, a tipos de transición entre el Acheulense y Musteriense.

Hemos recogido, igualmente, diversos utensilios de pedernal en la pequeña meseta que forman los aluviones sobre las margas del Mioceno, al otro lado del arroyo de Teatinos, correspondientes a la misma terraza



Fot. 6.— Hachas del yacimiento de Coslada, 2/3 del tamaño natural.

cuaternaria. Un excelente corte de los sedimentos pleistocenos puede reconocerse en la trinchera del ferrocarril de Barajas a San Fernando de Henares, junto al antiguo viaducto, al N. de Coslada, en donde hemos hallado restos osteológicos indeterminables y varios útiles del Paleolítico.

Es de esperar que vayan apareciendo nuevos materiales en esta extensa zona de la provincia de Madrid, conforme vayan practicándose desmontes de la capa que los contiene, para poder aportar mayor número de datos sobre la industria lítica de sus antiguos moradores. De este modo podremos relacionar los nuevos descubrimientos con los restantes yacimientos de Madrid y llegar a un mejor conocimiento de este Paleolítico inferior.

Recibido el 8-VII-64.

BIBLIOGRAFÍA

PRADO, C. DE: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Junta Superior de Estadística, 1864.

RIBEIRO, C.: *Sur des silex taillés découverts dans les terrains miocène et pliocène du Portugal*. «C. R. Congr. Intern. d'Anthrop. et d'Archeol. prehist. Bruxelles», 1872.

RIBEIRO, C.: *L'homme tertiaire en Portugal*. «Comp. Rend. de la 9.^a sesión du Congrès Intern. d'Anthrop. et d'Archeol. prehist.», 1880.

— —: *Nota sobre hachas prehistóricas descubiertas en los alrededores de San Isidro*. «Acta de la Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. XVIII, 1889.

BAYE, J. DE: *Contribution à l'étude du gisement paléolithique de San Isidro près Madrid*. «Bull. de la Soc. d'Anthrop.», t. IV, 1893.

AGUILERA Y GAMBOA, E. DE MARQUÉS DE CERRALBO: *Torraiba, la estación humana más antigua entre las hoy conocidas*. «Asoc. Esp. para el Prog. de las Cien.», Congreso de Madrid. I, I, sección IV, 1913.

HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P.: *Algunos yacimientos prehistóricos de las provincias de Lugo y Madrid*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», segunda serie, t. XVII, 1916.

OBERMAIER, H. y WERNERT, P.: *Yacimiento paleolítico de Las Delicias*. «Mem. de la R. Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. XI, mem. 19, 1917.

— —: *Yacimiento paleolítico de Las Carolinas*. «C. I. I. P. Mem.», núm. 16, 1917.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Nuevos yacimientos paleolíticos de superficie de la provincia de Madrid*. «Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», t. XIX, 1919.

WERNERT, P. y PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares (Madrid)*. «J. S. E. M. Mem.», núm. 33, 1921.

OBERMAIER, H., WERNERT, P. y PÉREZ DE BARRADAS, J.: *El Cuaternario de Las Canteras de Vallecas*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», t. XLII, 1921.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares y del Jarama (Madrid)*. «Memoria acerca de los trabajos realizados por — —». 1921.

WERNERT, P. y PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Contribución al estudio de los yacimientos paleolíticos de Madrid*. «Coleccionismo», año IX, 1921.

ROYO Y GÓMEZ, J.: *El Mioceno de Vallecas y comarcas próximas*. «Asoc. Esp. Cienc.», Congreso de Salamanca, Madrid, 1923.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Yacimiento de los valles del Manzanares y del Jarama (Madrid)*. (J. S. E. A. Mem.), núm. 50, 1923.

OBERMAIER, H. y PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Las diferentes facies del Musteriense español y especialmente de los yacimientos madrileños*. «Rev. Bibl. Arch. y Mus. del Ayunt. de Madrid», año I, 1924.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Nuevas civilizaciones del Paleolítico de Madrid. (Musteriense ibero-mauritano y Preapsiense)*. «Bolletí de l'associació catalana d'Anthropologia i Prehistòria. t. II. Barcelona, 1924.

— —: *Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares (Madrid)*. «Mem. núm. 60 Junta Sup. de Exc. y Ant.», Madrid, 1924.

— —: *Introducción al estudio de la Prehistoria madrileña*. «Rev. de la Bibl. Arch. y Mus. del Ayuntamiento de Madrid», año I, 1924.

OBERMAIER, H.: *El hombre fósil*. «Mem. de la Com. Inv. Paleont. y Prehist.», 1925.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Estudios sobre el terreno del Valle del Manzanares*. 1926.

— —: *El Acheulense del Valle del Manzanares (Madrid)*. Rev. «Anuario de Prehist. madrileña», 1926.

MARTÍNEZ SANTAOLALLA, J.: *Algunos hallazgos prehistóricos de superficie del término de Madrid*. «Rev. de la Bibl. Arch. y Mus. del Ayuntamiento de Madrid», t. IV, 1928.

PÉREZ DE BARRADAS, J.: *Los yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid*. «Bol. Inst. Geol. y Min.», t. XI, 1929.

ROYO Y GÓMEZ, J. y MENÉNDEZ PUGET.: *Explicación de la Hoja de Madrid, núm. 599*, 1929.

MÁRQUEZ TRIGUERO, E.: *Nuevos yacimientos del Paleolítico en Vallecas (Madrid)*. NOTAS Y COMUNICACIONES, núm. 77, año 1965.

J. A. MARTINEZ ALVAREZ

DATOS SOBRE LAS FORMACIONES PERIGLACIARES DE LA ZONA MONTAÑOSA DEL OCCIDENTE DE ASTURIAS

RESUMEN

Se destaca la clara presencia de depósitos de tipo periglacial en la zona montañosa del occidente de Asturias, añadiendo algunos datos sobre las características de los mismos.

SUMMARY

Reference is given to the clear presence of periglacial-type deposits in the mountainous area of western Asturias, adding some data about their characteristics.

INTRODUCCIÓN

En notas publicadas en 1959 y 1961, destacamos la notable representación e importancia que los depósitos de origen periglacial tenían en la zona montañosa de Asturias. Tales datos completaban, en cuanto a imagen general, los que fueran dados por Gilcher (1933), Birot-Solé (1954) y Llopis (1956), quienes nos habían precedido en destacarlos en varios lugares de la región costera de Asturias.

Durante el desarrollo de un conjunto de trabajos en la zona montañosa del occidente astur, tuvimos ocasión de percatarnos de la gran representación que tienen las formaciones debidas a la acción erosiva sistemática del frío. Como que, en este área, no había sido dada a conocer esta circunstancia con datos concretos, creemos interesante ofrecer las notas recogidas como elemento que contribuya a centrar los conocimientos que se poseen en este sentido.

DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE DEPÓSITOS RECONOCIDOS

Las características litológicas del occidente montañoso astur son, consideradas en sus grandes rasgos, notablemente sencillas y monótonas. Algunos asomos de calizas grisáceas, grandes fajas de cuarcitas blanquecinas y extensiones muy destacadas de pizarras de tipo vario, componen la casi totalidad del no muy variado mosaico de rocas de la zona.

La extensión de las calizas de tipo grisáceo es muy pequeña. Constituyen generalmente bandas intercaladas en las potentes series pizarrosas. Tales afloramientos calcáreos suelen involucrar zonas dolomitizadas, e incluso bastante dolomíticas, y áreas de mármoles o marmóreas. En conjunto se consideran como formando parte de la serie cámbrica y silúrica.

Las cuarcitas tienen un notable desarrollo y papel geomorfológico en toda la región. Se manifiestan como grandes y escarpados crestones que resaltan, manifiestamente, en el relieve. La estratigrafía, si bien compleja, podemos intentar circunscribirla, en relación con nuestros fines, destacando la dominancia acusadísima de las cuarcitas de aspecto blanquecino o blanquecino-amarillento. Se juzgan, en términos generales, estas rocas como pertenecientes al dominio cambro-silúrico.

Es más difícil sintetizar las variadas características del extenso conjunto litológico de las pizarras. El carácter más general del mismo puede ser su color pardo negruzco y extensión superficial, que destaca muy por encima de todas las otras. Forman parte de tramos diversos fundamentalmente del Cámbrico, Precámbrico y Silúrico.

Teniendo en cuenta estas características litológicas del substrato, que son las correspondientes a los detritos y fragmentos de coluviones en la región, procederemos a la descripción de los mismos en los siguientes apartados:

- 1) Coluviones calcáreos.
- 2) Coluviones de cuarcita.
- 3) Coluviones de pizarras.

1. *Coluviones calcáreos*

En la carretera de Cangas del Narcea a San Antolín de Ibias y proximidades de los pueblos de Moal y Oballo, existe un muy destacable manchón calcáreo, a expensas del cual se formaron coluviones de gran importancia.

Tienen una potencia de 5 y 6 m.; el material constituyente de los mismos son cantos angulosos de caliza bien calibrados. Superficialmente sus elementos se encuentran cementados con bastante intensidad formando

una costra brechoide consistente. Hacia el interior ésta pierde realidad, encontrándose los cantos sueltos. No es raro percibir la presencia de formas recientes y actuales superpuestas a las antiguas y diferenciadas por esta existencia o ausencia de cementación.

De acuerdo con nuestra información, este tipo de depósitos tiene poca importancia en esta zona, siendo semejantes a los citados en el oriente de Asturias, donde alcanzan gran desarrollo. Su génesis parece estar ligada a la acción sistemática y selectiva del frío, por lo que adoptaremos la denominación de *criocoluviones calcáreos* para los mismos.

2. *Coluviones de cuarcita*

En la mencionada carretera de Cangas del Narcea a San Antolín de Ibias, en los alrededores del puerto del Connio, existen notables depósitos de coluviones enraizados en las bandas cuarcíticas del lugar. Alcanzan gran desarrollo superficial y están formados por cantos angulosos de cuarcita diversamente calibrados, resultando normales los tamaños comprendidos entre el gran bloque y el grano de arena. No presentan ninguna modificación ampliamente manifiesta, siendo difícil en ciertos casos distinguir entre los recientes y antiguos que, indudablemente, existen. En toda la zona montañosa y cuarcítica occidental se puede percibir, con claridad, la presencia de éstos, constituyendo un elemento característico del paisaje geomorfológico de la región. La influencia de la acción del frío en la génesis de los más recientes coluviones con estas características, está lo suficientemente clara para que no parezca aventurado suponer igual factor de formación para los antiguos. Se asemejan a los que fueron descritos en la zona oriental bajo la denominación de *criocoluviones de cuarcita*.

3. *Coluviones de pizarras*

Siguiendo la carretera que va desde Grandas de Salime a Navia, se encuentran notables ejemplos de los más interesantes tipos de acumulaciones coluvionares de naturaleza pizarrosa.

En las inmediaciones de Pesoz y Grandas de Salime, existen depósitos de gran extensión superficial y espesores normales de 6 y más metros (láminas I y II). Se encuentran en pendientes suaves y están formados por lajas de pizarras de tamaño diverso dispuestas formando hiladas claramente perceptibles. Los fragmentos o detritos tienen un tamaño de hasta 10 centímetros, que se suele mantener bastante constante. Existe también una fracción terroso-arenosa que adquiere importancia distinta en las diversas

zonas del coluvión. Su presencia determina la formación de bandas más compactas (por tener mayor cementación), las cuales destacan en las secciones, resaltando más el carácter estratificado del conjunto de la acumulación.

Estas formaciones son totalmente semejantes a las que se describieron en el oriente de Asturias como originadas a expensas de la actividad periglaciaria. Se trata de *criocanchales estratificados* (eboulis ordonnés). Su importancia en la totalidad de la zona montañosa occidental es muy destacable en todos los sentidos. Como es fácil suponer, el área de extensión sobrepasa el solar astur y penetra en la región gallega y leonesa, donde adquiere, lo hemos podido comprobar, un desarrollo digno de ser tenido en cuenta.

En las cercanías del pueblo de Doiras, situado en la carretera que de Grandas de Salime desciende a Navia, observamos la presencia de unos coluviones de importancia, extremadamente llamativos debido a su color rojizo intenso. Se apoyan sobre las pizarras del Cámbrico y alcanzan espesores de 5 y 6 m. con cierta frecuencia. Están formados por una masa terrosa bermellón en la que se distinguen enclaves de lajas de pizarras semialteradas, dispuestas en forma estratiforme. Los materiales pizarrosos presentan las mismas características que los correspondientes a los criocanchales estratificados anteriormente descritos. La alteración de estos curiosos coluviones parece identificarse, en sus comienzos, con una modificación superficial de las lajas de pizarras que mudan su color negrozco o pardo por el rojo. Una destrucción más intensa conduciría a la pulverización de los fragmentos y aparición de la masa terro-arenosa intensamente rojiza, que constituye la mayor parte del volumen de estas formaciones coluvionares.

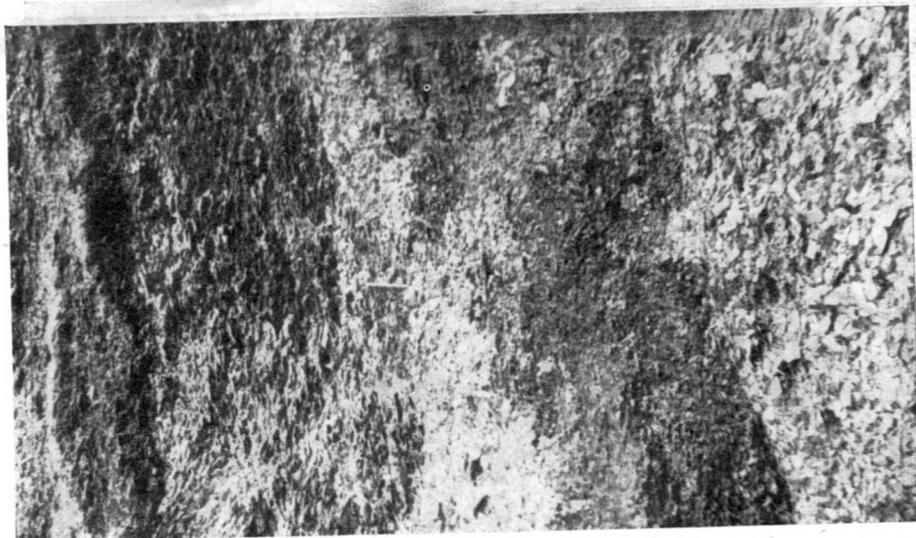
Se debe suponer, pues, que estos depósitos de color rojo vivo son antiguos criocanchales estratificados, notablemente alterados en momentos especiales, quizá muy húmedos, de la actividad periglaciaria. Corresponderían a una generación precedente a los más comunes que acabamos de describir, ya citados en la zona oriental astur.

Este tipo de criocanchales estratificados sobrepasa los límites de Asturias y se adentra en el ámbito galaico. En la provincia de Lugo y específicamente en los alrededores de Navia de Suarna, observamos la presencia de depósitos con esta identidad.

Elementos de importancia para poder trazar una representación lo más veraz posible de la actividad periglaciaria en la región, son los variados tipos de crioluviones o suelos crioturbados que se pueden observar con gran facilidad en toda la zona y más concretamente en la de substrato pizarroso.



Vistas generales de los depósitos periglaciares (criocanchales estratificados) de las inmediaciones de Pesoz (Grandas de Salime). (Fot. Villanueva).



Vista parcial y detalle de los depósitos periglaciares (criocanchales estratificados) de las inmediaciones de Pesoz (Grandas de Salime). (Cret. Villanueva).

CONCLUSIONES

1. En la zona montañosa del occidente de Asturias existen abundantes depósitos cuaternarios que se extienden a la región gallega y leonesa. Se trata de eluviones y coluviones de cierta trascendencia, relacionados en cuanto a sus características materiales, con las rocas que constituyen el substrato paleozoico.

2. Las peculiaridades de tales acumulaciones permiten asegurar la antigüedad de las mismas y su relación genética con los procesos de erosión periglacial que afectaron al Cuaternario del noroeste de la península.

3. Se trata, por orden de importancia, de criocoluviones y crioeluviones. Los primeros, más característicos y a los que hacemos referencia fundamental en la presente nota, pueden ser subdivididos en los siguientes tipos: a) criocoluviones calizos; b) criocoluviones cuarcíticos, y c) criocanchales estratificados. Estos últimos con dos subtipos, uno más antiguo y otro menos. Estos datos complementan la visión general de la importancia del periglacialismo en el Cuaternario astur, en la única amplia zona donde no se habían citado ejemplos concretos de formaciones de este tipo.

*Seminario Geológico del Noroeste
Escuela Técnica Superior de Ingenieros
de Minas de Oviedo.*

Recibido, 4-IX-1964.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIAS

- MARTÍNEZ ALVAREZ, J. A.: *Nota sobre el hallazgo de depósitos periglaciares en la montaña asturiana*. «Speleon», año X, núm. X, números. 3-4, 1959.
- —: *Datos sobre los depósitos coluvionares de la zona oriental y costera de Asturias*. «Speleon», tomo XII, números. 1-2, 1961.
- —: *Nociones generales sobre periglacialismo*. «Speleon», año IX, números. 3-4, 1958.
- GILCHER, A.: *La plage ancienne de la Franca (Asturies)*. «Comp., Rend. des Sc. de l'Academ. des Sc.», tomo 241, págs. 1603-1605. París, 1955.
- PIROT, P. y SOLÉ SABARÍS, L.: *Recherches morphologiques dans le nordouest de la péninsule iberique*. «Mémoires et Documents du C. N. R. S.», tomo IV, págs. 11-16. París, 1954.
- LLOPIS LLADÓ, N.: *Los depósitos de la costa cantábrica entre los cabos Busto y Vidio (Asturias)*. «Speleon», año IV, núm. 4. Oviedo, 1956.

J. M. GONZALEZ DONOSO y J. A. VERA (*)

ESTUDIO GEOLOGICO DE UNA PARTE DE LAS LADERAS NORTEOCCIDENTALES DE SIERRA NEVADA (GRANADA)

RESUMEN

En el área estudiada están representadas todas las unidades de Sierra Nevada y la mayor parte de las pertenecientes a la depresión Neógena de Granada.

Varios hechos de observación reciente amplían nuestros conocimientos sobre la tectónica y estratigrafía de Sierra Nevada, y, por tanto, de la zona Bética *s. str.* El estudio detallado de las estructuras en la *Mischungszone*, nos permiten admitir la autoctonía de esta serie que para nosotros constituye la parte superior de la serie de Sierra Nevada. Desde un punto de vista estratigráfico, esta idea parece también la más factible.

En el conjunto Triásico-Alpujarride han sido observadas estructura típicas de mantos de corrimiento, entre las que destacan las frecuentes duplicaciones de la serie.

En el Neógeno de la depresión de Granada ha podido ser establecida a partir de los datos micropaleontológicos y litológicos, la evolución paleogeográfica de la cuenca.

RÉSUMÉ

Dans l'aire qu'est objet de cette note les grandes unités structurales de la Sierra Nevada, aussi bien que la plupart des formations appartenant au remilissage néogène du bassin de Grenade, y sont bien représentées.

Nos nouvelles observations sur le terrain permettent d'ajouter des précisions sur quelques aspects tectoniques et stratigraphiques de la Sierra Nevada. Des arguments pour l'autoctonie *s. str.* de la série Filabride (ou «*Mischungszone*») ont été trouvés.

Le complexe «alpujarride» apparaît, par contre, nettement charrié. De fréquentes duplications et des plis compliquent dans le détail la structure de la nappe.

En partant des données micropaléontologiques et lithologiques, les auteurs donnent des images plus nuancées sur l'évolution paléogéographique de la bordure du bassin de Grenade proche à la Sierra Nevada. En outre, des discordances marginales intramiocènes ont été décelées et sont mises en rapport avec l'accentuation progressive du grand pli de fond de Sierra Nevada au cours du Neogène.

(*) Laboratorios de Geología y Micropaleontología de la Universidad de Granada.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una síntesis de los trabajos de fin de carrera de los autores, cuyos ejemplares completos se encuentran depositados en el Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada.

Ambos trabajos fueron dirigidos por los profesores Dr. Fontboté y doctora Linares.

Queremos manifestar nuestro agradecimiento a D. Guillermo Colom, de Sóller (Mallorca), que tuvo la amabilidad de clasificar los foraminíferos de las margas miocenas.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El área objeto del estudio se encuentra situada en las laderas noroccidentales de Sierra Nevada. Se enclava en la Hoja 1.027 (Güéjar Sierra) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico y Catastral. Está comprendida entre los meridianos 0°, 10' y 0°, 18' al E. del meridiano de Madrid, y entre los paralelos 37°, 0,7' y 37°, latitud N.

Desde un punto de vista geológico pertenece a la zona Bética s. str., y en ella se ponen de manifiesto todas las unidades que integran Sierra Nevada. Se sitúa en el flanco N. del gran anticlinal de Sierra Nevada, en su contacto con la depresión de Granada, de manera que quedan representadas todas las unidades paleozoico-triásicas de Sierra Nevada y las neógenas de la depresión de Granada.

Tanto su localización geográfica como geológica, se pueden observar en el mapa de situación (fig. 1).

ESTRATIGRAFÍA

En el área estudiada están representadas todas las unidades estructurales constituyentes de Sierra Nevada y también de la mayor parte de las formaciones terciarias que forman el relleno de la depresión de Granada.

De las primeras están representadas: A) Serie de Sierra Nevada. B) Mischungszone. C) Conjunto alpujárride. D) Conjunto Güéjar-Málaga.

De las segundas están representados los siguientes términos, todos ellos de edad miocena: A) Tramo de Canales. B) Tramo de los macifios. C) Tramo de las margas. D) «Blockformation».

Serie de Sierra Nevada

Es un potentísimo y extremadamente monótono conjunto de micaesquistos metamórficos y algunos bancos de arenisca (o cuarcita) intercalados.

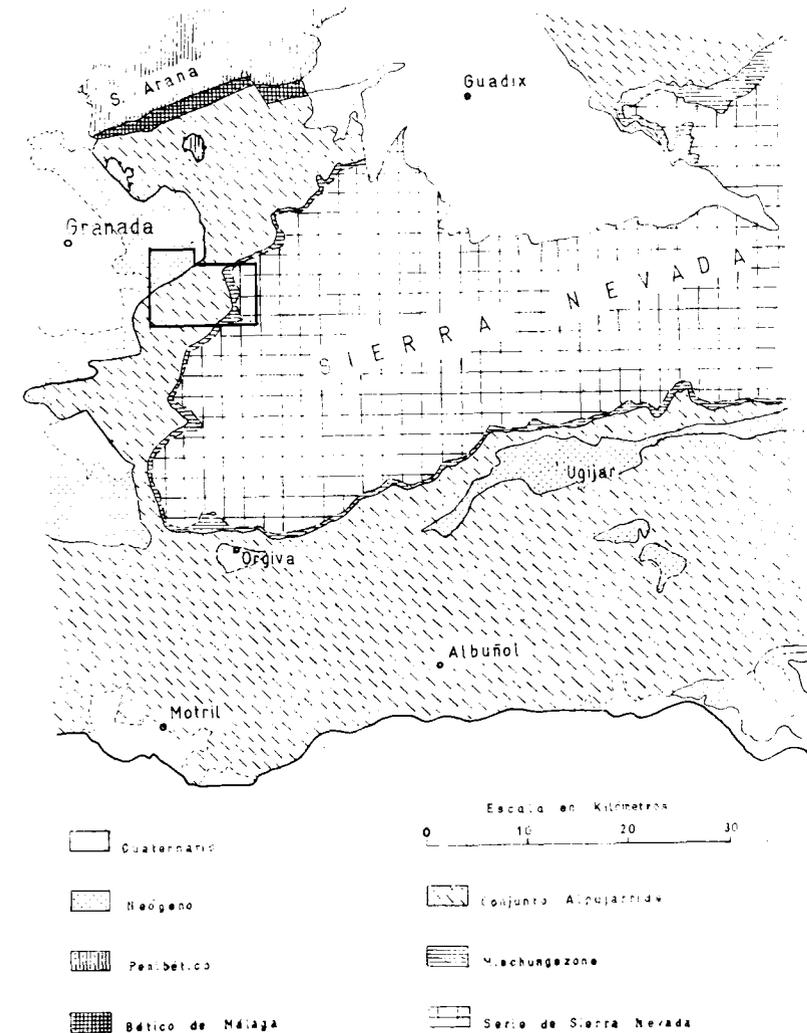


Fig. 1. — Situación geográfica y geológica de la zona objeto de estudio.

Su potencia es difícil de conocer, ya que aflora ocupando el núcleo del gigantesco anticlinal de Sierra Nevada, y en ningún punto aparece terreno alguno bajo él. Su potencia aparente es de unos cinco mil metros, y a este valor hay que sumarle la parte desconocida (Fallot y otros, 1960).

Petrologicamente predominan los micaesquistos metamórficos, de disyunción en láminas muy manifiestas. Se presentan a veces bancos de arenisca poco potentes, que nos permiten ver que la pizarrosidad de los micaesquistos coincide con la estratificación.

El metamorfismo corresponde, según las paragénesis observadas, a la epizona inferior o a la mesozona superior, siguiendo la clasificación de Grubenmann. De todos modos, hay que advertir que el problema del metamorfismo es complicado, ya que se han desarrollado fenómenos de retrometamorfismo; su estudio detallado queda fuera del objeto de este trabajo y ha sido abordado por la señorita Puga como tesis doctoral.

Mineralógicamente, los micaesquistos presentan moscovita como elemento predominante. La biotita también se encuentra presente, estando a veces cloritizada. Además de la clorita de origen secundario, raramente existe también clorita de origen primario. El grafito tiñe de un gris característico a la roca; en lámina delgada podemos ver que este grafito está muy disperso en el seno del esquisto. Se cree que el grafito proviene de materia orgánica finamente distribuida en el sedimento originario de la roca, sedimento que sería de una naturaleza arcilloso-limosa.

Otros minerales que se presentan con relativa frecuencia, son los granates y pequeños cristales de albita. El cuarzo está en un porcentaje relativamente escaso como clástico, faltando a veces totalmente, pasando entonces la roca a una verdadera micacita. Formando nódulos y pequeños filones, el cuarzo de segregación es a veces abundante.

No hay ningún argumento paleontológico para datar en el tiempo la serie de Sierra Nevada. La roca originaria posiblemente contendría fósiles, pero el metamorfismo regional sufrido por ella los borró por completo. Pudiera ser que por un proceso de alteración posterior de la roca, volvieran a dibujarse en ella los fósiles, razón por la cual en las zonas de mayor alteración es donde deben intensificarse las búsquedas.

Los primeros estudios que se hicieron sobre la región incluían la serie de Sierra Nevada en el «estrato cristalino», y la atribuían implícita o explícitamente una edad arcaica. Posteriormente se ha rechazado esta idea, siendo admitida por casi la totalidad de los geólogos que han estudiado las Béticas una edad paleozoica indeterminada. Ningún estudio comparativo con otras zonas de las Cordilleras Béticas ha dado luz a la determinación de la edad paleozoica s. lat. (Fallot y otros, 1960). No obstante, sus características sedimentológicas pueden indicar algo.

La sedimentación de esta serie parece corresponder a una cuenca de tipo geosinclinal y haberse desarrollado en un lapso de tiempo relativamente corto. Los materiales serían sedimentos arcilloso-limosos, alternando de cuando en cuando con otros detríticos más gruesos. Es, pues, una facies tipo flyschoid y esta característica es la que ha hecho pensar a Fontboté (*in*

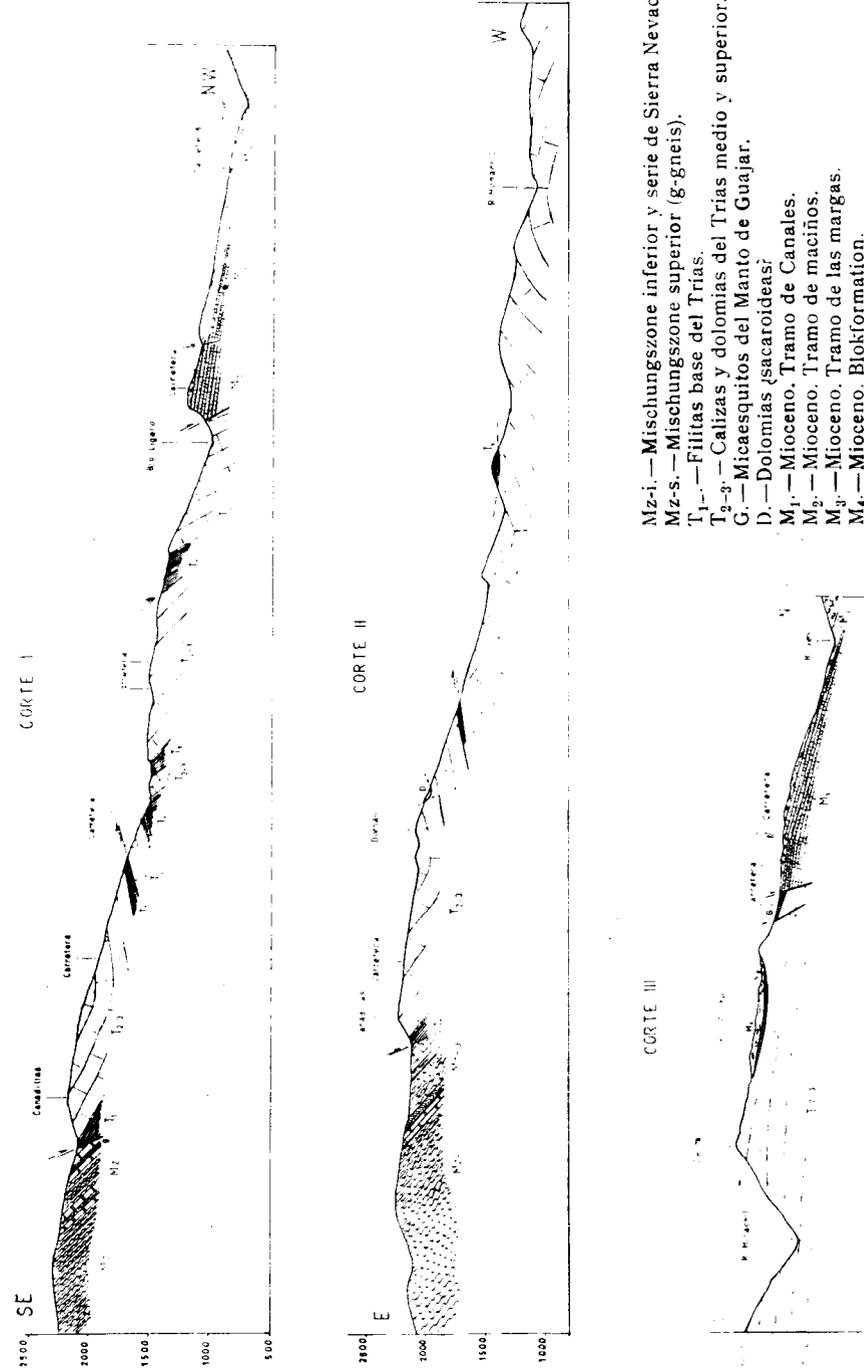
Fallot y otros, 1960) en una posible edad Cula de la serie de Sierra Nevada, en relación con el desarrollo de las Cordilleras Hercínicas situadas más al Norte. Toda la serie sufrió un posterior metamorfismo, dando lugar los sedimentos arcilloso-limosos a micaesquistos, y los materiales detríticos a cuarcitas y areniscas con todos sus términos intermedios.

Mischungszone

Recibe este nombre una serie intercalada entre la serie de Sierra Nevada y el conjunto Alpujarride. Ultimamente se tiende a cambiar esa denominación por la de «Serie de Filabres» (Egeler, 1960). Desde hace tiempo ha llamado enormemente la atención, dada la presencia de mármoles netamente metamórficos y gneis, rocas que no se presentan en ninguna de las otras dos formaciones de Sierra Nevada.

Una característica esencial de esta serie es la de contener mayor riqueza de feldespatos que la serie anterior. Una discusión sobre el origen de esta riqueza se halla en la obra de Fallot, Faure-Muret, Fontboté y Solé (1960) reiteradamente citada, y no hay por qué repetir aquí en extenso. La hipótesis más seguida hasta hace muy poco para interpretar este hecho, es que dicho exceso de feldespato se deba a un metasomatismo sódico o sódico-potásico que afectase a esta formación. Ahora bien, es de extrañar que en la serie de Sierra Nevada no se vean indicios de haber sido cruzada por el material que dio lugar a este metasomatismo, y no haya sido afectada por él. Esto obliga casi a la interpretación de la *Mischungszone* como un manto de corrimiento, independiente de la serie de Sierra Nevada. Si admitiésemos que el aumento del feldespato se debe a un metasomatismo, sería difícil explicar la autoctonía de la serie, ya que el metasomatismo no afectó a la serie de Sierra Nevada. Por otra parte, el estudio estructural detallado de los contactos de las dos series nos hace pensar en una autoctonía con respecto a la serie de Sierra Nevada, y faltan en absoluto los datos que indiquen el tratarse de un manto de corrimiento. Tenemos, pues, dos efectos contradictorios: por una parte, si admitimos el metasomatismo en la *Mischungszone*, ésta debía ser un manto de corrimiento, y por otra, los datos estructurales locales que descartan totalmente la aloctonía.

Cabría la posibilidad, según Fontboté (*in* Fallot y otros, 1960) que parte de las rocas feldespáticas, en especial los gneis, no tengan un origen sedimentario, sino directa o indirectamente magmático. Un trabajo de próxima publicación del citado autor tratará sobre este problema, afirmando que, por lo menos en parte, los gneis de la *Mischungszone* son en realidad rocas piroclásticas ácidas, que posiblemente proceden de un magmatismo de la etapa geosindical, representado, tanto en la serie de Sierra Nevada como en la *Mischungszone*, por rocas básicas (anfíbolitas). La formación de tales



Mz-i.—Mischungszone inferior y serie de Sierra Nevada.
 Mz-s.—Mischungszone superior (g-gneis).
 T₁₋₃.—Filitas base del Triás.
 T₂₋₃.—Calizas y dolomías del Triás medio y superior.
 G.—Micaesquitos del Manto de Guajar.
 D.—Dolomías (sacaroides).
 M₁.—Mioceno. Tramo de Canales.
 M₂.—Mioceno. Tramo de maciños.
 M₃.—Mioceno. Tramo de las margas.
 M₄.—Mioceno. Blokformation.

magma ácidos en condiciones de geosinclinal no es tan frecuente, ni mucho menos, que la de magmas básicos, pero no es desconocida. Sin salir del territorio español, podríamos citar el caso de la región de Río Tinto, como ejemplo magnífico de ello. Si admitimos que el origen de esta abundancia de feldespatos no es metamórfico, el hecho sería mucho más simple, pues se admitiría la autoctonía de la serie, de acuerdo con los datos estructurales de detalle.

El problema mayor que presenta la *Mischungszone* es el de la edad. Ha habido numerosas hipótesis, todas ellas basadas en argumentos no concluyentes. Las más aceptadas las podemos dividir en tres grupos, según la edad supuesta de la *Mischungszone* (Fallot y otros, 1960).

Un grupo de autores se decide por una edad paleozoica antigua y opinan que se depositó transgresivamente sobre la serie de Sierra Nevada. Esta teoría es la que cuenta con menos partidarios en la actualidad.

Otro grupo de autores se inclinan hacia una edad paleozoica superior, por ejemplo, pérmica. Esta teoría cuenta con algunos argumentos a favor, más decisivos. Tales argumentos son: la posible edad Culm de la serie de Sierra Nevada, y la relativa simplicidad tectónica en el sentido de no advertirse en la *Mischungszone* huellas de movimientos anteriores a los alpinos. Conviene advertir la posibilidad de que la edad pérmica sólo fuese verdadera para la parte inferior de la *Mischungszone*, mientras que la parte más superior podría llegar a ser triásica, en concreto, los tramos de mármoles.

Por último, otro grupo de autores opina que la *Mischungszone* es triásica, y que su posición es alóctona, por corrimiento sobre la serie de Sierra Nevada. De esta manera se explicaría el supuesto metasomatismo sódico y sódico-potásico. Tiene la dificultad de tener que admitir una cuenca mesozoica de características especiales al sur de Sierra Nevada y presenta, además, desde el punto de vista tectónico, el inconveniente de aumentar en uno el número de mantos de corrimiento de la zona bética s. str. Sin que los contactos entre la *Mischungszone* y la serie de Sierra Nevada hayan mostrado, hasta ahora, en ningún punto las características de una superficie de corrimiento.

En el estado actual de nuestros conocimientos, la interpretación más verosímil es la de dar una edad pérmica para el tramo inferior de la *Mischungszone*, y una edad triásica para los tramos más superiores. Los argumentos aún no son decisivos. Por lo demás, parece probable que el Triás alpujárride sea una variación lateral, hacia el Sur, de los tramos superiores de la *Mischungszone* o Série de Filabres.

Dentro de esta serie distinguimos dos tramos: el inferior, caracterizado por micaesquitos con granates y gneis con falta casi total de rocas carbonatadas, y el tramo superior, caracterizado por la presencia de filitas, gneis, y sobre todo de mármoles, que a veces alcanzan grandes potencias.

Tramo inferior de la «Mischungszone»

Está formado por micaesquistos de un aspecto totalmente similar a los de la serie de Sierra Nevada. Los criterios de distinción es que los de la *Mischungszone* presentan localmente un aumento en el contenido de albita y la presencia de ciertos niveles de microclina. La distinción, no obstante, no es clara, hasta tal punto que su cartografía independiente, al menos en esta zona, es totalmente imposible, dada la concordancia entre las dos series.

El grafito, que tiñe los micaesquistos de la serie de Sierra Nevada, en los del tramo inferior de la *Mischungszone* se presenta, aunque no tan abundante en general. El contenido de albita y microclina a veces es tan elevado que la roca pasa a ser un verdadero gneis, los cuales están totalmente ausentes en la serie de Sierra Nevada; este hecho es el que ha sido utilizado para la separación en los cortes detallados. Los micaesquistos con granates y la micacitas son bastante frecuentes en este tramo.

La potencia, dadas las dificultades de delimitar su base, es difícil de calcular, pero el orden de magnitud es de los 800 a los 1.000 metros.

Tramo superior de la «Mischungszone»

La característica principal de este tramo es la presencia de niveles carbonatados, a veces en potencias considerables. Está formado este tramo por micaesquistos localmente más ricos en feldespato, pasando a veces a verdaderos gneis, entre los que se intercalan mármoles y filitas, siendo los mármoles más abundantes en los niveles más superiores.

En las proximidades del kilómetro 26 de la carretera de Granada a Sierra Nevada, tenemos un buen corte de este tramo. Empieza con micaesquistos feldespáticos con algunos niveles carbonatados de unos metros de potencia. Sobre ellos viene una roca leucocrata de tipo leptinita, en la que se intercalan serpentinas aparentemente estratificadas. Sobre ellas vienen unos niveles de filitas que están coronados por un nivel de mármoles de cerca del centenar de metros de potencia, que da lugar a escarpes fuertes.

Otro corte representativo es el que nos muestra la carretera de Granada a Sierra Nevada, que es descrito con gran detalle por Fallot, Faire-Muret, Fontboté y Solé (1960). En este corte cabe destacar la presencia de la *Konglomeratische Mergel*. Acerca de esta enigmática roca, Duplaix y Fallot han publicado dos notas (1960), y después en la obra reiteradamente citada (Fallot y otros, 1960) también trataron de ella. Para nosotros la *Konglomeratische Mergel* es una dolomia brechoide con una pátina ferruginosa amarillenta. Su origen puede interpretarse: 1.º) Como una roca de tipo residual. 2.º) De origen tectónico.

Cabe destacar el corte de la vía del ferrocarril eléctrico, subiendo a partir de la estación de Guéjar-Sierra. En él vemos que las filitas werfenenses del Triás alpujárride están en contacto con los micaesquistos de la *Mischungszone* y sólo se ven indicios de mármoles. Desde la ladera opuesta (ladera S.) se ve que se trata de una falla normal, en virtud de la cual la mayor parte del tramo superior de la *Mischungszone* no aparece en el corte.

Conjunto alpujárride

Su nombre se debe a estar muy bien representado en la zona de las Alpujarras. Podemos distinguir dentro del conjunto dos partes, por de pronto: el Triás y el Manto de Guéjar, éste último formado exclusivamente por formaciones metamórficas relativamente monótonas (micaesquistos sobre todo) de edad paleozoica con toda verosimilitud. El Triás, a su vez, comprende dos formaciones: una inferior, filitosa, atribuida al Werfenense, y otra superior calizo-dolomítica, en la que están ciertamente representados el Triás medio y el superior. Por efecto de complicaciones de origen tectónico, de las que nos ocuparemos en su momento, este Triás puede aparecer duplicado, y entonces se presentan otra vez filitas encima de calizas y dolomias de edad más moderna que ellas.

Filitas

Constituyen la base del conjunto triásico-alpujárride. Son rocas de color azulado, violáceo, grisáceo o amarillento de composición compleja. Es muy difícil obtener lámina delgada para su estudio microscópico, debido a ser muy deleznable. Mineralógicamente están constituidas por cuarzo, cerisita, clorita y moscovita, como minerales fundamentales. El cuarzo, seguramente hidrotermal, a veces abunda en forma de filoncillos y lentejones pequeños.

Por alteración superficial dan una tierra azulada que es a la que los indígenas llaman «daunas», y que la usan para la impermeabilización de las azoteas de la comarca. En general las filitas son muy deleznable y suelen tener una estructura más o menos hojosa.

La edad de estas filitas es difícil de datar, pues no se conocen hasta el momento restos orgánicos en ellas. Se cre que constituyen el tránsito del Paleozoico, y que en su mayor parte son de la base del Triásico, esto es, del Werfenense. La plasticidad de esta formación es su característica más llamativa, por su influencia sobre la formación que se depositó posterior a ella (Triás medio y superior), la cual está muy tectonizada.

Sus afloramientos son fáciles de adivinar en un mapa topográfico y muy visibles en fotografía aérea, pues allí donde aparecen producen grandes des-

niveles, debido a la rapidez con que se erosionan. Su potencia es difícil de calcular, debido a su plasticidad, y tendrá un valor aproximado de los 100 a 200 metros. Están aparentemente concordantes con el paquete calizo-dolomítico del Triás medio y superior, que se encuentra sobre ellas.

Así lo podemos ver en el kilómetro 18,5 de la carretera de Granada al Veleta, en una zona en que afloran las filitas bajo las calizas, produciendo un barranco que se excava con rapidez, dada la poca consistencia de la roca.

En este punto podemos ver también que la estructura interna de las filitas es muy complicada y no presenta un buzamiento regular sino con muchas variaciones de detalle, con estructuras fluidales más o menos típicas.

Calizas y dolomías del Triás medio y superior.

Son el elemento más representativo del conjunto de los alpujárrides. Su edad triásica es ya conocida por los hallazgos de fósiles efectuados en Sierra de Gador por Gonzalo y Tarín. Más tarde Solé y Fallot (1964), al estudiar la Sierra de Baza, encontraron dentro de esta serie niveles fosilíferos con crinoides, lamelibranquios y algas calizas, que fueron estudiadas por Lemoine. Este autor describe cuatro especies:

Tentloporella pilosa, Schuroth: Anisense.

Oligoporella pilosa, Pia: Anisense medio.

Diplopora subtilis gigantea, Lemoine: Probable Anisense medio.

Griphoporella curvata, Gümbel: Noriense.

En la zona estudiada hemos encontrado algas calizas cerca del contacto Triás-Mioceno, al E. del camino viejo de El Purche, pero no estaban bien conservadas, y, dado que la determinación aún genérica, de las mismas, se basa en caracteres morfológicos muy delicados, fue imposible su determinación, aunque queremos hacer constar su existencia.

El Triás de esta región es de tipo «alpujárride», semejante al tipo alpino y diferente, por tanto, del de casi todo el resto de la península, el cual es de tipo germánico. El tipo alpujárride y el alpino se caracterizan por el predominio de formaciones marinas de calizas y dolomías en grandes potencias, indicándonos esto su formación en zonas alejadas de costas, aun cuando sin exigir grandes profundidades. Por el contrario, el Triás germánico está principalmente representado por formaciones continentales, lagunares, y, sobre todo, de aguas muy poco profundas, próximas a costas.

La potencia de este conjunto calcáreo-dolomítico es de unos mil metros aproximadamente, cuando se presenta completo.

Es muy difícil establecer una columna estratigráfica detallada en esta formación, ya que los fósiles son escasísimos y, por otra parte, las caracterís-

ticas litológicas son muy semejantes en toda ella. No obstante, en zonas donde la tectonización no es muy intensa, se pueden ver algunas de las características principales.

En la base se suelen encontrar en algunas zonas unas dolomías de tipo carníolas, a veces conteniendo yeso. Tienen interés, ya que nos hablan de una posible emersión al final del Werfenense.

También muy cerca de la base es frecuente encontrar niveles de calcoesquistos y calizas tableadas, que a veces descansan directamente sobre las filitas en el orden en que han sido nombrados.

Sobre estos niveles inferiores viene el gran conjunto calizo-dolomítico en el que no se puede, al menos en el sector estudiado, subdividir. Todo el conjunto es una potente serie de calizas, dolomías y rocas de composición intermedia de color gris ceniza a negro. No hay argumentos decisivos para hablar de dolomitización primaria o secundaria, ya que raramente vemos estratificación y, por tanto, no podemos ver su distribución, aunque parece posible que existan dolomías tanto primarias como secundarias.

En general, el conjunto calizo-dolomítico está muy tectonizado, siendo numerosísimas las fallas que lo afectan, a lo cual contribuyen grandemente el estar colocado sobre el paquete de filitas de gran plasticidad. Son frecuentes las zonas en que el conjunto de filitas-dolomías cabalga entre sí mismo, siendo en general los espejos de estas fallas inversas bastante visibles, conservando algunos de ellos las estrías mineralizadas en hierro. Buenos ejemplos de estas duplicaciones de la serie los tenemos junto al Purche y en la zona W. del Dornajo.

Manto de Guajar.

En diversas zonas, como son las cercanas a los kilómetros 19 y 20 y en especial en el kilómetro 16 de la carretera de Granada al Veleta, se observan unos micaesquistos negruzcos muy triturados. Pertenecen a la llamada unidad de Guajar, así denominada por haber sido definida en dicha localidad alpujarreña. Esta formación, además de los micaesquistos presenta calcoesquistos y cuarzo. En general tiene un color muy oscuro, que las hace destacar notablemente en el paisaje.

Su edad es paleozoica, probablemente bien antiguo, y su posición en esta región es de origen tectónico, por corrimiento sobre el Triás alpujárride. Sus afloramientos son, por tanto, isleos tectónicos, esto es, los últimos restos de dicho manto, que debió cubrir toda la parte W. de Sierra Nevada y que fue barrido por la erosión en su mayor parte.

En diversos puntos, principalmente al W. del Dornajo, afloran unas dolomías sacaroideas muy blancas. Dado que en otras regiones se ven unas si-

mlares en relación íntima con los micaesquistos del manto de Guajar, pensamos que puedan tratarse de dolomias cámbricas semejantes a las descritas por Boulin al SW. de Sierra Nevada. Su posición sería, así mismo, isleos tectónicos, aunque en esta zona nos faltan argumentos decisivos para asegurarlo, ya que los contactos no son nada claros e incluso no se puede asegurar que se trata de tales dolomias cámbricas. La pequeñez de los retazos aconseja también una cierta prudencia.

Terrenos miocenos

Hemos podido distinguir dentro de ellos cuatro tramos separables entre sí por discordancias, o por características litológicas. Desde más antiguo a más moderno son: Tramo de Canales, Tramo de Maciños, Tramo de las margas y Blockformation.

Tienen como característica común la gran abundancia de sedimentos detríticos desde arcillas a conglomerados nutridos por la erosión de los materiales de Sierra Nevada. Son muy frecuentes los cantos de pizarras, micaesquistos, cuarcitas, gneís, calizas, granillos de cuarzo, pajitas de mica, etc. Son menos frecuentes los granates y otros minerales.

Los colores predominantes son los amarillos, más o menos blanquecinos o rojizos, y los grises azulados.

Las faunas no están muy bien conservadas, sobre todo los macrofósiles, que casi nunca permiten clasificaciones específicas. En cuanto a los microfósiles, salvo algunos géneros como *Robulus* (que precisan una conservación perfecta para su determinación específica) pueden clasificarse, pero, a veces, con reservas.

Tramo de Canales

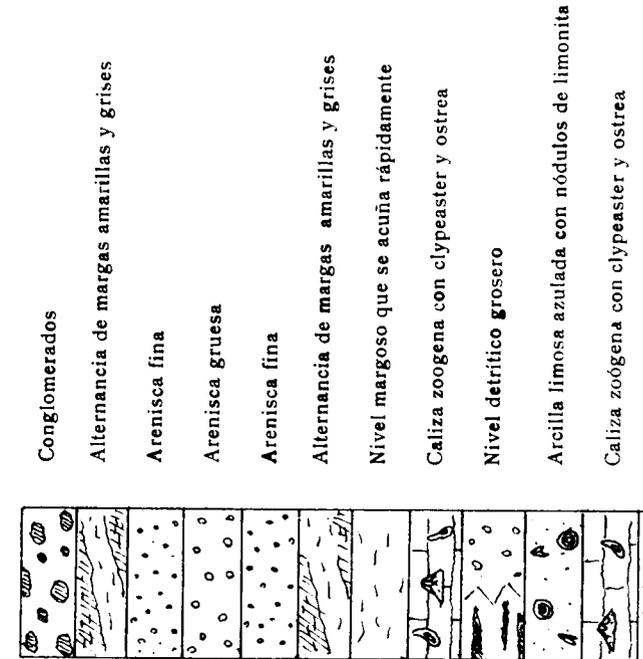
Es el más inferior. En él hay episodios que van desde arcillas a conglomerados. Existen además dos bancos muy próximos entre sí de calizas zoógenas, formadas sobre todo por *Heterosteginas* y *Streblus beccarii*, que incluyen *Clypeaster* y *Ostras*. Aflora en los márgenes del río Genil en pequeña extensión y está plegado suavemente. Su potencia es difícil de estimar, pero no creemos que sobrepase los 30 metros, por lo menos en el área estudiada.

La fauna encontrada en estos niveles comprende:

Foraminíferos: *Elphidium crispum* (L.), *Streblus beccarii punctatogranosus* (Seg.), *Streblus beccarii* (L.), *Nonnion sp.*, *Textularia cf. consecta* d'Orb., *Heterostegina sp.*

Moldes de raíces									
Textularia cf. consecta									
Nonnion sp.									
Heterostegina sp.									
Streblus beccarii ammonoides									
Streblus beccarii punctatogranosus									
Elphidium crispum									

TRAMO DE CANALES en el C.º de Canales a Gütejar Sierra



Lechos de carbón, margen N. del Genil

Equínidos: *Clipeaster sp.*

Lamelibranchios: *Ostrca sp.*

Esta fauna empobrecida marca el comienzo de la transgresión miocena.

La flora está representada por moldes de raíces y pequeños lechos de carbón, que indican un régimen de lagunas (ver columna estratigráfica fuera del texto).

Tramo de maciños.

Reposan discordantemente sobre los terrenos de la serie anterior. Sus afloramientos se localizan en el cauce del río Genil, que se encaja fuertemente en ellos, dando grandes tajos en los alrededores de la cortijada de Canales. Otros afloramientos menores existen en los barrancos de la fuente del Lobo, del Agua y en la depresión del Purche.

Su potencia mínima se puede establecer en unos cien metros, aunque se acunian fuertemente hacia la primitiva línea de costas.

Está constituido por calizas conglomeráticas y maciños, que contienen abundantes restos de *Briozos*, *Algas*, fragmentos de *Equínidos*, *Lamelibranchios* y menos frecuentemente *Globigerinas*, *Textularias* y otros foraminíferos de difícil clasificación en lámina delgada.

La base de la serie está representada en la depresión del Purche por unos conglomerados de cemento gris y rojizo, y un nivel de areniscas de grano fino. La potencia es de unos tres metros. Sobre ellos vienen maciños típicos muy reducidos, por lo que preferimos descubrir la serie que se atraviesa al subir desde la estación de Canales al balcón de Canales. En este punto se cortan, en primer lugar, unos estratos muy potentes de maciños de grano medio hasta un poco más arriba de la cortijada de Canales. A continuación vienen una alternancia de maciños de grano medio con calizas conglomeráticas, y por último una serie de estratos finos de maciños de grano medio (maciños tableados).

Tramo de las margas

Descansa sobre la anterior concordantemente. Aflora extensamente en ambos márgenes del río Genil y en menor cuantía en la depresión del Purche, y en el camino de las Hoyas de Torres. Su potencia es difícil de calcular, ya que fue erosionada antes de depositarse el siguiente tramo, pero debió ser como mínimo del orden de 300 metros.

Lo forman arcillas, margas, areniscas, maciños y conglomerados. La base es una alternancia de maciños y areniscas con margas amarillas. Hacia

el E., fuera de la zona, se pasa a una alternancia de niveles más o menos coherentes de areniscas con algunos cantos gruesos englobados. Encima vienen unos episodios de margas grises y amarillas, y por último un potente paquete de areniscas amarillas y grises con algunos niveles intercalados de arcillas y conglomerados.

Las areniscas finales no han suministrado ninguna fauna, por el contrario, los otros niveles han dado una fauna abundante:

Foraminíferos:

F. LAGENIDAE: *Robulus sp.*; *R. calcar* (L.); *R. costatus spinatus*, Schubert; *R. ariminensis* (Seg.); *R. orbicularis* (d'Orb.); *Lingulina melendezi*, Moreno; *Marginulina murca* (Batsch); *M. costata coartata*, Silv.; *M. crebri-costata* (Seg.); *Nodosaria bacillum* (Defr.); *Dentalina sp.*; *D. cf. filiformis*, d'Orb.; *Vaginulina cf. margaritifera*, Defr.; *Pseudoglandulina abbreviata*, Cushman.

F. MILIOLIDAE: *Sigmoilina cf. celata* (Costa).

F. BULMINIDAE: *Uvigerina cf. rutila* (C. y T.).

F. NONIONIAE: *Nonion pompilioides* (Fisch-Moll); *Elphidium crispum*, L.

F. ROTALIIDAE: *Eponides sp.*; *Strebus beccarii inflatus*, Seg.; *Strebus beccarii punctatugranosus* (Seg.); *Hopludina elegans* (d'Orb.).

F. CHILOSTOMELLIDAE: *Sphaeroidina variabilis*, d'Orb.

F. GLOBIGERINIDAE: *Globigerina sp.*, *Orbulina univversa*, d'Orb.

F. ANOMALINIIDAE: *Cibicides haldingeri*, d'Orb.; *C. praeclita*, Karr.; *C. cf. floridina miocena*, Colom; *Planulina ornata*, d'Orb.

F. TEXTULARIIDAE: *Spiroplectammia carinata* (d'Orb.); *Textularia sp.*, *T. subangulata*, d'Orb., *T. rugosa marginata*.

F. LITUOLIDAE: *Haplophragmoide sp.*, *H. cf. deformae*.

Briozoarios: Abundan en los maciños y en algunas areniscas.

Moluscos: Pecten y géneros afines, *Dentalium*.

Equínidos: Muy mal conservados. Abundan las radiolas.

Crustáceos: Ostrácodos.

La flora continental está representada hacia el kilómetro 14.5 de la carretera de Granada a Sierra Nevada por moldes de raíces, pertenecientes a plantas que se desarrollaban en lagunas costeras. La marina, por algas en los maciños y algunas areniscas (ver columnas estratigráficas fuera del texto).

Blockformation.

Fue definida con este nombre por Von Drasche (1789). Es una formación margosa, limosa y areniscosa que engloba bloques a veces de varios metros

Hipótesis de Staub.

Es aloctonista en extremo. Considera las cordilleras béticas como un gran conjunto de mantos de corrimiento cabalgante de Sur a Norte. Admite la aloctonia de todos los materiales constituyentes del conjunto bético. Sierra Nevada para Staub es una gran ventana tectónica del *manto de Granada*, constituido principalmente por Trias de facies alpina. En el interior de la ventana afloran los esquistos metamórficos del *manto del Ucclet*. La *Mischungszone* la considera como la cobertera del *manto del Ucclet*, comparable con la zona de *Schistes lustrés* de los Alpes.

Una interpretación posterior, también de Staub, aumenta el número de mantos de corrimiento, desdoblando el manto de Granada en dos, todos ellos cabalgando a los mantos «penninicos» del Cristalino de Sierra Nevada.

Sierra Nevada sigue siendo interpretada, por tanto, como un gran anticlinal, pero en el cual todos los materiales en ella representados son aloctonos.

Hipótesis de Brouwer.

Este profesor holandés, al frente de un grupo de sus discípulos, estudió más a fondo las cordilleras béticas y lanzó una hipótesis con más fundamento sobre hechos de observación que la de Staub.

Para Brouwer y sus discípulos, Sierra Nevada es una gran ventana tectónica, abierta por efecto de erosión de un conjunto de mantos triásicos que constituyen el *conjunto de los Alpujárrides*. Dentro de éstos distinguen tres mantos: Güájar, Lanjarón y Lújar, y consideran como más importante el de Lanjarón.

Entre el conjunto de los Alpujárrides y el Cristalino de Sierra Nevada se intercala la zona que denominan «*Mischungszone*» o «*Mengzone*», que representa para ellos el Mesozoico penninico de los Alpes. El Cristalino de Sierra Nevada, para Brouwer, es autóctono o paraautóctono.

Hipótesis de Blumenthal y Fallot.

Estos dos autores distinguen dentro del conjunto bético tres unidades: Bético s. str., Subbético y Prebético. Aquí sólo nos interesa la unidad Bética s. str., pues la zona investigada se enclava en ella.

Esta unidad consta de las siguientes: *Cristalino de Sierra Nevada*, que representa el zócalo europeo y es autóctono o paraautóctono; *conjunto de*

los Alpujárrides, formado principalmente por el Trias de facies alpina y en su mayor parte autóctono. Dentro de este conjunto de los Alpujárrides distinguen un solo manto de corrimiento que denominan *manto de Gádar* (o Lanjarón); y *Bético de Málaga*, ausente en esta zona y considerado como un nuevo manto corrido sobre los Alpujárrides.

*Observaciones regionales**Contactos inferior y superior de la Mischungszone.*

La *Mischungszone* en esta región descansa completamente concordante con la serie de Sierra Nevada. En ningún punto se observa accidente alguno en dicho contacto, hasta tal extremo que parecen formar una única serie. La *Mischungszone* corona a la serie de Sierra Nevada e incluso no se puede marcar con exactitud el tránsito. Se trata, pues, de un contacto normal o, a lo sumo, de una acordancia. No hay ningún argumento para pensar en un contacto mecánico.

El Trias alpujárride lo encontramos sobre la *Mischungszone* y los contactos en general son tectónicos. En la carretera de Granada a Sierra Nevada, en el kilómetro 30,7, se puede observar dicho contacto. Se trata de una falla normal que hace que desaparezcan en su mayor parte los mármoles del tramo superior de la *Mischungszone*. En el corte de la vía del ferrocarril eléctrico, próximamente a la estación de Güéjar-Sierra, se puede ver el contacto, que es una falla normal de gran salto, que hace que desaparezcan totalmente los mármoles. Este hecho en parte nos hace pensar en que el cabalgamiento del Trias alpujárride ocurriese sobre la *Mischungszone*, en parte erosionada.

Estructura interna del Trias Alpujárride.

La tectónica interna del conjunto triásico es muy complicada. En él encontramos accidentes de pliegues geométricos, como es el gran anticlinal del Cerrajón, de eje prácticamente N.-S., en el que se observan diapíricas en las fracturas de tensión de la charnela.

Tectónicamente el hecho más predominante, dentro del Trias alpujárride, es la presencia de duplicaciones de la serie. Haciendo un reconocimiento de las mismas, vemos que se trata de cabalgamientos hacia el NW., gracias a los cuales en numerosos puntos, bajo la serie triásica completa aparece de nuevo esta misma serie.

Esta tectónica de duplicaciones está muy patente en todo el dominio al-

pujárride. En el sector de Zujeiro, situado unos 10 kilómetros al NE.- pudimos observar incluso triplicaciones de la serie.

Uno de los ejemplos más claros de estas duplicaciones es el que se observa al W. del Dornajo, en la zona comprendida entre los kilómetros 21 y 22 de la carretera de Granada a Sierra Nevada y a lo largo del desvío de la misma hacia la dehesa de San Jerónimo. En la zona más cercana a la carretera encontramos una estructura anticlinal que afecta a la duplicación. La formación de esta estructura es la esquematizada en la figura 2.

En algunos puntos hemos podido observar sobre la serie calizo-dolomítica del Triás alpujárride afloramientos de filitas werfenenses. Este hecho lo interpretamos como resultado de una duplicación en la que el tramo calizo-dolomítico superior ha sido desmantelado.

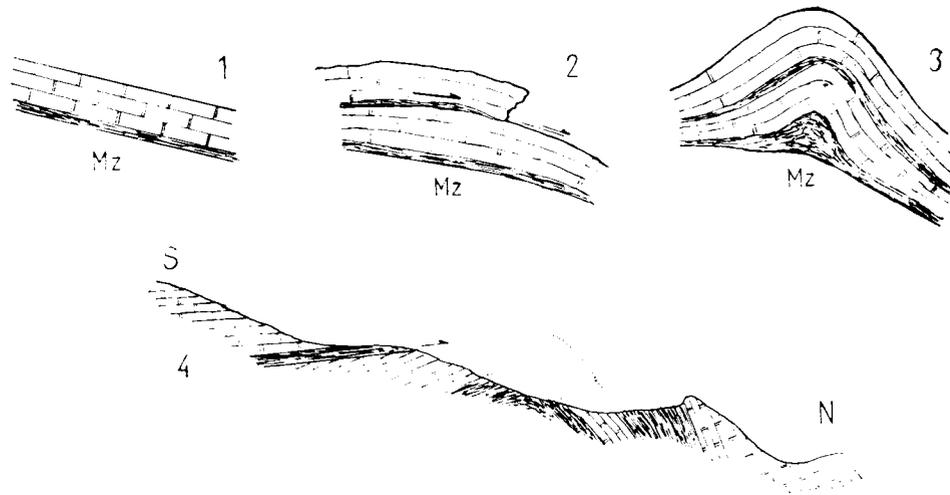


Fig. 2.

Manto de Guajar.

Son numerosos los puntos en los que sobre la serie alpujárride aparecen los micaesquistos y dolomías sacaroideas de la denominada formación de Guajar.

El ejemplo más típico es el del kilómetro 16 de la carretera de Granada a Sierra Nevada. Fue interpretado como una fosa tectónica por Cubillas (1942), pero Fontboté (1957) demostró que se trata de un isleo tectónico. Este último autor tiene en preparación una nota sobre la estructura detallada de este afloramiento.

Otros afloramientos son los del Purche y zonas cercanas. En el flanco oeste del Dornajo el afloramiento es exclusivamente de dolomías sacaroideas.

En todos los afloramientos y, sobre todo, en los de micaesquistos, se ve que la formación de Guajar está flotando sobre la serie alpujárride, formando isleos tectónicos. Viendo la superficie de contacto en diversos puntos, parece bastante claro que el corrimiento del manto de Guajar es de tipo epigléptico, esto es, que cabalgó sobre un relieve preexistente.

Estudios realizados al NE. del sector objeto del trabajo nos hacen pensar que el *manto de Málaga* y el *manto de Guajar*, constituyen fundamentalmente una única gran unidad. En esta unidad Guajar-Málaga los términos más inferiores serían la formación de Guajar.

Tectónica miocena.

Son varios los hechos que nos ponen de manifiesto que durante el Mioceno actuaron sobre Sierra Nevada fuerzas tectónicas. En primer lugar, nos llama la atención la discordancia intravindobonense entre el tramo de Canales y los tramos más superiores. Este fenómeno ha sido observado por nosotros (25) en otros puntos del sector central de las cordilleras béticas. Con ello ponemos de manifiesto que la actuación de las fuerzas tectónicas en el Mioceno no fue exclusiva en Sierra Nevada.

Otro accidente que nos indica la tectónica miocénica es la falla que sigue el barranco que atraviesa a la carretera de Granada a Sierra Nevada entre los kilómetros 12 y 13. En ella podemos observar una muy desigual potencia en los dos labios. Esto nos pone de manifiesto que dicha falla fue coetánea del depósito. Hacia el W., en el labio hundido, se depositaron todos los tramos del Mioceno, mientras que en el labio levantado, al quedar el descubierto fue erosionado en parte y el conjunto fue fosilizado por la Blokformation.

Otras fallas cuya edad miocena es más dudosa, ya que pudiesen ser más modernas, son la que sigue el barranco del Agua y la paralela al barranco Ligerero. La primera tiene un dispositivo «en tijera», funcionando como normal al S. y como inversa al N. La gran falla paralela al barranco Ligerero marca el contacto entre el Triás y el Mioceno. Su superficie buza unos 60° hacia el NW, y separa dos compartimentos. En el levantado la erosión redujo el Mioceno al afloramiento del Purche, preservado allí por formar una cubeta.

Conclusiones estructurales

Desde un punto de vista tectónico podemos considerar las tres mismas unidades que estratigráficamente: Seria de Sierra Nevada, Mischungszzone y Conjunto de los alpujárrides. Sobre ellas y en franca discordancia se encuentran los terrenos miocenos.

El núcleo de Sierra Nevada para Staub era alóctono, formando lo que él llamaba manto del Veleta. Para Blumenthal y Fallot es autóctono o para-autóctono. No hay ningún argumento para poder hablar de una aloctonia, siendo muy probable una paraautoctonia de la serie de Sierra Nevada, la cual, por algunos pliegues fallas se inclinaria hacia el N.

La *Mischungszone* para nosotros formaria una misma unidad tectónica con la serie de Sierra Nevada, hasta tal punto que consideramos a aquélla como la parte superior de ésta. Para Fallot (*in* Fallot y otros, 1960), esta serie alóctona y de esta manera interpretada su supuesto metasomatismo sódico-potásico. Si como otros autores admitimos que no existió tal metasomatismo y que la mayor abundancia de feldespatos sódico-potásicos se debe a la naturaleza originaria de los materiales, en relación con un volcanismo ácido, el argumento pierde su valor y nada exige tal aloctonia.

El conjunto triásico-alpujarride es de procedencia meridional. Comprendería fundamentalmente dos unidades, ambas alóctonas, en mayor grado, naturalmente, la superior. Una parte del material alóctono sería el de la cobertera del núcleo de Sierra Nevada, que resbalaría hacia el N. ayudado por la plasticidad de las filitas. Esto da lugar a faltas inversas, de las cuales hay buenos ejemplos en esta zona. La parte del material triásico-alpujarride es indudablemente de procedencia más meridional. Estos corrimientos procedentes del Sur permiten explicar la gran cantidad de material triásico que se extiende al N. de Sierra Nevada, hasta cerca de Sierra Arana. Este material es mucho mayor que el que podría suministrar la cobertera de Sierra Nevada.

Si admitimos para todos los tramos superiores de la *Mischungszone* una edad triásica, necesariamente tendremos que admitir la aloctonia de todo el Triás alpujarride.

El *manto de Güajar* es el elemento de los representados en la zona, del que prácticamente ninguno de los autores que han estudiado Sierra Nevada dudan de su posición completamente alóctona. Se trata de un manto de tipo epigléptico, como en ésta y en otras regiones se pueden comprobar. La amplitud del cabalgamiento es difícil de conocer, ya que verosímelmente después de su traslación pudo tener lugar un desplazamiento hacia el N. del conjunto triásico-alpujarride; de esta manera el manto de Güajar presenta una amplitud aparente mayor que la real.

En cuanto a la edad del plegamiento de fondo, que afectó a todo el conjunto, es posible que posteriormente al Triás empezase el abombamiento general de Sierra Nevada. Esto explicaría la falta de todos los términos desde el Triás hasta el Mioceno, ya que posiblemente durante este tiempo Sierra Nevada constituiría un alto fondo.

Las etapas de este plegamiento de fondo más intenso se desarrollaron posiblemente durante el Mioceno inferior. Posteriormente al Mioceno tendrían

lugar aún nuevos levantamientos, que serían los que originaron el relieve actual. Es muy posible que durante el Cuaternario el levantamiento continúe. La frecuencia de los terremotos en esta región nos indica que las cordilleras béticas no han llegado aún a su estabilización desde el punto de vista tectónico.

GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología no ha sido objeto de estudio detallado por nuestra parte. Nos limitamos a dar a conocer aquí los datos recogidos sin pretender sean exhaustivos ni edificar con ellos interpretaciones de cierto valor general.

La morfología de Sierra Nevada refleja su estructura y litología. En efecto, el gran anticlinal con sus mantos de corrimiento superpuestos se traduce en la forma de Sierra Nevada en domo, y la naturaleza del roquedo en el paisaje, con abundancia de tajos y fuertes desniveles en el conjunto alpujarride y cambios más suaves en los terrenos del núcleo. Los ríos que toman sus aguas de las zonas altas, tienen un trazado centrífugo.

En el área estudiada se cumple lo antes dicho: la red hidrográfica está influida por la tectónica y la litología. Los ríos Monachil y Genil no ajustan su cauce a ninguna estructura propia de la zona, ya que son centrífugos y discurren según la pendiente de la Sierra. En cambio, los afluentes sí están fuertemente influidos en su trazado por la tectónica del área, y así el barranco Ligero tiene su cauce paralelo a la falla que actuó en el Cuaternario, levantando la parte SE. de la zona. Otros barrancos discurren sobre fallas miocenas y el situado entre el cerro de Huenes y el de Monachil aprovechó una charnela anticlinal como zona más débil.

Otra consecuencia de la estructura es el perfil del río Genil dentro de los terrenos miocenos: la vertiente N. es más escarpada que la S. a causa del buzamiento general de las capas hacia el N.

La influencia de la naturaleza de los materiales, se advierte también en este corte: los maciños dan un relieve de escarpes «cortados a pico»; el tramo de margas, más fácilmente erosionado, da pendientes más suaves.

En el barranco Ligero, el Triás kakiritizado es barrido con mayor facilidad que los maciños situados al W., y así se ha llegado a una inversión del relieve; de esta manera el labio hundido de la falla queda más alto que el levantado desde el punto de vista topográfico.

Dada la característica del relieve, podría creerse que la red hidrográfica pasa por el período de juventud. No obstante, esto podría ser puesto en duda debido a encontrar meandros encajados en el Triás alpujarride. Estos meandros podrían corresponder a una superposición de cursos preexistentes sobre terrenos neógenos ya erosionados, ocurrida como consecuencia de

las fallas que delimitan la depresión de Granada. Cabría también la posibilidad de que estos meandros encajados correspondiesen a una etapa de juventud, como en otros puntos se ha podido comprobar su existencia.

Por tanto, queda, pues, en duda si la red fluvial corresponde a una red juvenil o rejuvenecida.

En las partes más altas del área estudiada, hay ejemplos de modelado periglacial, como son el cuarteamiento de las rocas, con formación de grandes fragmentos así desprendidos en las laderas, aunque sin llegar a formarse verdaderos glaciares de piedra. Existen además indicios de suelos poligonales, aunque no tan claros como los que se encuentran a más altitud.

En cuanto al modelado glacial, tres de los glaciares cuaternarios datados por Obermaier y Carandell (Monachil, Barranco de San Juan y Hoya de la Mora) han dejado restos de sus morrenas terminales en la zona estudiada.

GEOLOGÍA HISTÓRICA Y CONCLUSIONES

Hacer historia exacta de las formaciones de Sierra Nevada es una tarea harto difícil, debido a los problemas de tipo estratigráfico y tectónico que en ella se presentan, como ya hemos visto en los capítulos anteriores.

En una edad paleozoica, la zona bética s. str. sería una depresión dotada de una cierta subsidencia. En ella, durante el Paleozoico (edad incierta dentro de él) y sobre terrenos que no conocemos por no aflorar, se depositaron unos sedimentos arcilloso-limosos que por acción del metamorfismo regional se convirtieron en los micaesquistos de la serie de Sierra Nevada.

A partir de aquí, ya no hay unanimidad de opiniones. Para unos autores la Mischungszone es paleozoica y para otros triásica. El plegamiento herciniano pudo dejar algunas débiles huellas más identificadas todavía. La Mischungszone en esta zona está concordante, al menos aparentemente, con su muro. Diversos autores señalan una discordancia entre la Mischungszone y la serie de Sierra Nevada en la sierra de Filabres (Fallot, 1960). Es posible, por tanto, que la concordancia que aquí observamos sea una acordancia. Esta sería debida a un cese de la sedimentación, bien por emersión (poco probable), o bien por acción de corrientes submarinas, que no sólo evitaron la sedimentación, sino que incluso erosionaron la ya depositada.

Aquí hay dos alternativas: si la Mischungszone es de edad paleozoica, bien antigua, o bien moderna, se depositó sobre la serie de Sierra Nevada, y sobre ella las filitas werfenenses y el tramo de calizas y dolomías del Triás alpujarride. De esta manera el conjunto alpujarride sería en parte autóctono. Si la Mischungszone fuese total o parcialmente triásica, todo el conjunto alpujarride sería alóctono.

En el estado actual de los conocimientos parece como más probable una

LÁMINA I

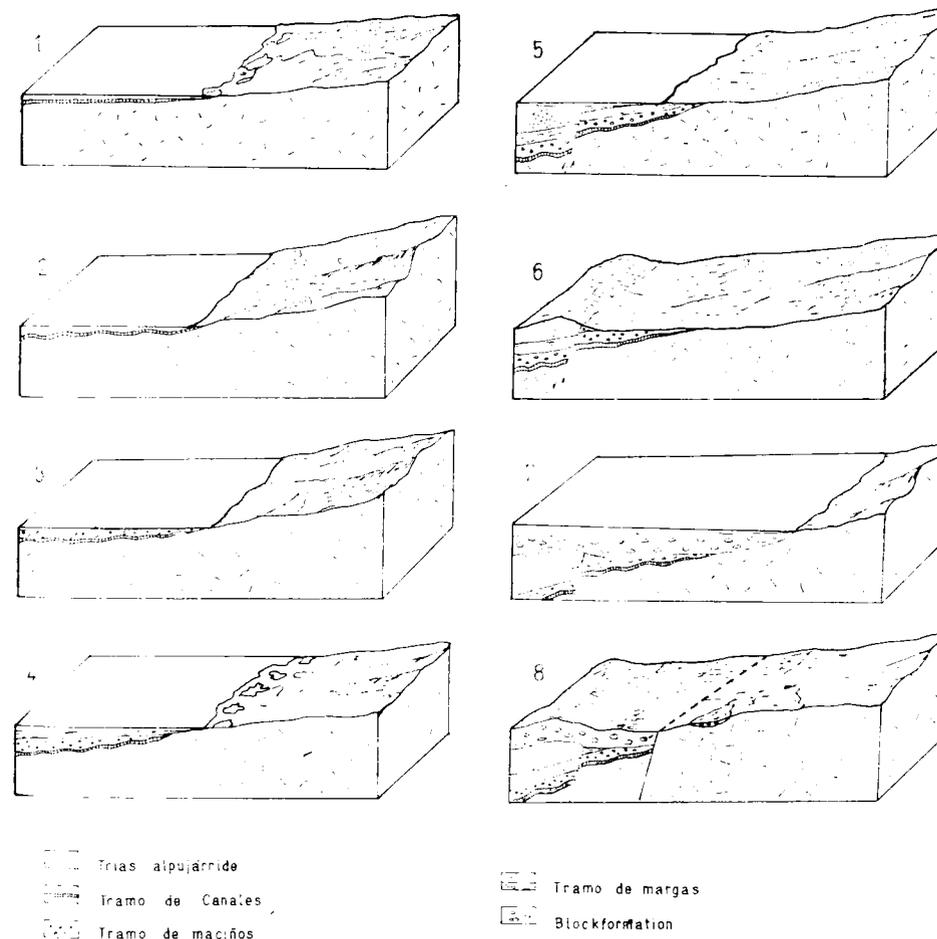


LÁMINA I.—Evolución de la cuenca miocena en su borde con Sierra Nevada. Las distintas etapas son: 1. Deposition del Tramo de Canales al principio de la transgresión Vindobonense.—2. Plegamiento del tramo de Canales.—3. Deposition del tramo de maciños sobre el tramo anterior discordantemente.—4. Iniciación del depósito del tramo de margas.—5. Actuación de fallas durante la deposición de este tramo, que trae como consecuencia desiguales potencias según la batimetría.—6. Emersión y erosión de los tramos ya depositados.—7. Nueva transgresión Vindobonense y depósito de la Blockformation discordantemente sobre los terrenos anteriores.—8. Emersión definitiva y funcionamiento de las fallas de borde de la cuenca con erosión de la mayor parte de los materiales que quedan en el labio levantado.

edad pérmica para los tramos inferiores de la Mischungszone y triásica para los superiores. De este modo el conjunto alpujárride sería un gran manto de corrimiento que cabalgó sobre la Mischungszone, en parte puede que erosionada. El cabalgamiento sería en su mayor parte de tipo gravitatorio y no con una superficie única sino «festoneado», dando lugar a las numerosas duplicaciones de la serie.

A partir del Triásico vemos que faltan todos los demás términos del Secundario y los terrenos terciarios hasta el Mioceno. Esto nos hace pensar que ha partir del Triásico empezó el abombamiento de Sierra Nevada, formando ésta un geoanticlinal. El abombamiento iría acompañado de erosión, de manera que no llegase posiblemente a emerger.

Hacia el Terciario medio (Oligoceno superior) tuvo lugar el cabalgamiento del manto alpujárride (Manto de Lanjarón) y el del manto de Guajar-Málaga. Posterior a este fenómeno, o sea, al principio del Mioceno, el plegamiento de Sierra Nevada se acentuó, continuando el plegamiento durante el Vindobonense, como nos indica la presencia de discordancias intravindobonenses... Aun después del Vindobonense continuó el plegamiento, que en la zona estudiada se encuentran terrenos del Mioceno a 1.500 metros de altitud.

El mar transgresivo Vindobonense se extendió sobre un relieve similar al actual, aunque no tan acentuado el pliegue de fondo de Sierra Nevada, relieve que había sufrido un relieve erosivo. Las tierras emergidas debieron tener un relieve suave, y así se explicaría la abundancia de niveles detríticos finos en el tramo de Canales. El afloramiento actual de éste, correspondería aproximadamente a la línea de costas. En ella existían albuferas con comunicaciones temporales al mar y en las que se desarrollaría una vegetación que dio lugar a delgados lechos de carbón. Las faunas a veces riquísimas en individuos (calizas zoógenas) pero pobres en especies, corresponderían a biotopos especiales, a los que sólo se adaptaban ciertas especies que proliferaban de modo extraordinario (ejemplo, el *Streblus Beccarii*).

Depositado el tramo de Canales, tuvo lugar su plegamiento, que podría tomarse como correspondiente a las últimas manifestaciones de la etapa sinorogénica s. str. Como consecuencia del plegamiento el relieve de las tierras emergidas sufrió una acentuación y posiblemente parte del tramo fue erosionado en sus niveles superiores.

A continuación el mar se extendió más, depositándose los maciños, descansando directamente sobre el conjunto alpujárride, como se observa en el borde W. del cubeta; había gran profusión de briozoos, algas, lamelibranchios, etc., y los aportes detríticos eran importantes, al irse erosionando un relieve fuerte aún; de vez en cuando se depositarían niveles conglomeráticos, sobre todo hacia los bordes de la cuenca.

La erosión continuó, pero atenuada, a causa de que el relieve era más suave, y así se depositó una alternancia de margas y maciños; más adelante

solo margas (alternancia de niveles grises y amarillos); al E. (fuera del área estudiada), más cerca de las costas, los aportes detríticos eran más importantes y así se depositaban areniscas. La causa de que no se formaran maciños, puede atribuirse a que la profundidad no era apropiada para el desarrollo de briozoos y melobesias, que en gran parte constituyen la fracción caliza de los mismos. Las escasas globigerinas que aparecen serían arrastradas hasta allí por corrientes. Los tramos observados a partir del kilómetro 14 de la carretera de Granada a Sierra Nevada se formarían en un régimen parecido al citado para el tramo de Canales.

A continuación vinieron las primeras manifestaciones sinorogénicas tardías, que producen fallas normales de dirección aproximada N.-S. Los bloques que quedaron emergidos sufrieron una erosión que hizo desaparecer el tramo de las margas. En la zona hundida se depositaban areniscas con algún que otro banco de conglomerados.

Va depositadas las areniscas, vino una regresión del mar, y la erosión atacó el conjunto. Las margas y maciños eran más fácilmente atacables que las areniscas, lo que trajo como consecuencia que los materiales del labio hundido quedaran a mayor altura que los del levantado. Posteriormente ocurrió una nueva transgresión sobre el relieve ya erosionado y se depositó la Blockformation. La deposición de un sedimento de tales características exige grandes desniveles entre la zona en que se depositaban los materiales y donde eran erosionados, es decir, coincide con una acentuación del relieve debida muy posiblemente al abombamiento de Sierra Nevada.

Posteriormente a la deposición de la Blockformation funcionaron fallas normales de dirección general NE.-SW. (del borde de la depresión de Granada), que truen como consecuencia el que en el labio levantado la erosión actúe y reduzca los afloramientos del Mioceno a muy pequeñas dimensiones, como el del Purche.

Muy posiblemente durante el Cuaternario funcionaron algunas fallas coetáneas con las del valle de Lecrín, que acentuaron el encajamiento de los ríos, dando perfiles suaves.

Laboratorio de Geología, Facultad de Ciencias
Universidad de Granada

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CARANDELL, J.: *La morfología de la Sierra Nevada: ensayo sobre su interpretación tectónica*. «Rev. de la Real. Ac. de Ciencias Exactas, Físicas y de la Naturaleza de Madrid», tomo XIX, 4.º de la segunda edición, 1920.
- (2) COPPOLINI, J.P.: *Sobre un sistema de releros de mantos en los Alpujárrides occidentales*. NOTAS Y COM. DEL INST. GEOL. Y MIN. DE ESPAÑA, núm. 47, 1947.
- (3) ---: *Observations géologiques sur les Alpujárrides Occidentales (Cordillères Bétiques,*

- (24) VERA, J. A.: *Geología de Sierra Nevada en su borde NW*. Trabajo fin de Carrera. Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de Granada, 1963.
- (25) GONZÁLEZ DÍAZ, J. M.: *Discordanza intracambriense en Montefrío. Zona subbélica*. NOR. y COM. DEL I.S.S.T. Geol. y Min. de España, núm. 76, 1964.
- (26) VIXART, L.: *Observations géologiques dans la région de Grenade (Andalousie)*. «L'Annuaire», t. II de la Soc. Geol. de France, Paris, 1930.

España). Tesis. Geogr. Anst. Univ. Wien, Geol. u. Min. de España, tomo LXXX, 1929.

- (4) VON DRASCHER, R.: *Geologische Skizze des Hochgebirgsstrahles der Sierra Nevada in Spanien*. «Jahrb. der k. k. Geologisch Reichsanstalt», t. LXXXI, pp. 93-102. Wien, 1879. (Traducción española: «Bol. Geológico de España», t. VI, 1879).

- (5) DREYFUS, S. et FAJON, P.: *Sur la constitution et la signification de la roche appelée Konklomeratische Mergel dans la zone Bétique*. «C. R. Ac. Sci.», t. 250 p. 1403, 1960.
- (6) — — — et FAJON, P.: *Les Konklomeratische Mergel des Cordillères Bétiques*. «Bull. Soc. Geol. France», t. (7) II, pp. 308-317, 3 figs., 2 tabl., 1960.
- (7) DREYFUS, M. et FORTROT, J. M.: *La problem de l'age des nappes alpinisées d'Andalousie*. «Revue de Geogr. Phys. et de Géologie Dynamique» (2), vol. III, fasc. 4, pp. 181-187, Paris, 1960.
- (8) FAJON, P.: *Les Cordillères Bétiques*. «Estr. Geol. Madrid», núm. 8, pp. 83-172, 12 figs., 2 p., 1948.

- (9) — — — *Comparaison entre Cordillères Bétiques et Alpes Orientales*. «Bull. R. Soc. Hist. Nat.», Tomo homenaje a D. Eduardo Hernández Pacheco, pp. 259-279, 1954.
- (10) — — — FAJON-MIRRETT, A., FORTROT, J. M. y SOLER, L.: *Series de Sierra Nevada y de la llamada Mischungszone*. «Bull. Inst. Geol. y Min. España», t. LXXXI, pp. 347-357, 1960.

- (11) — — — DREYFUS, M. et SOLER, L.: *Observation sur le Trias bétique et ses algues calcaires*. «Anst. Geol. Provins», t. XI, pp. 23-60, Barcelona, 1954.
- (12) FAJON-MIRRETT, A., SOLER, L., FORTROT, J. M. et FAJON, P.: *Profil géologique à travers le massif du Tetia*. «C. R. Ac. Sci.», t. 248, pp. 3247-3252, Paris, 1959.
- (13) — — — SOLER, L., FORTROT, J. M. et FAJON, P.: *Sur la géologie de l'excrément orocañale de la Sierra de Filabres et sur l'individualité de la serie de Sierra Nevada*. «C. R. Ac. Sci.», t. 249, pp. 9-13, Paris, 1959.

- (14) FORTROT, J. M.: *Tectoniques superposées dans la Sierra Nevada (Cordillères Bétiques)*. «Español», «C. R. Ac. Sci.», t. 245, pp. 1924-1926, Paris, 1957.
- (15) — — — *Travaux géologiques de Sierra Nevada*. «Boletín de la Cámara de Comercio y de la Industria de Granada», 2ª época, núm. 11, 1961.
- (16) GONZÁLEZ DÍAZ, J. M.: *Geología de las estratociones NW de Sierra Nevada*. Trabajo fin de Carrera. Laboratorio de Geología de la Facultad de Ciencias de Granada.
- (17) — — — *Datos para el estudio de las microfaunas de fosos de Granada*. NOR. y COM. DEL I.S.S.T. Geol. Min., núm. 77, 1964.

- (18) GONZALO y DARIU, J.: *Descripción geológica de la provincia de Granada*. «Bull. Com. Map. Geol. de España», t. VIII, p. 20, Madrid, 1891.

- (19) HOYOS, A. y DELGADO, M.: *Influencia del tratamiento térmico de las serpentinias del Barranco de San Juan*. «Bull. R. Soc. Esp. Hist. Nat.», (1), núm. 59, pp. 173-190, 1961.

- (20) LINARES, A. y COLON, G.: *Observaciones sobre la sedimentación miocénica en el alto valle del Genti (Granada)*. «Cuadernos y Conferencias del Inst. «Lluís Mallada», fascículo IV, Madrid, 1957.

- (21) GARCÍA, D.: *Estudio petrográfico de Sierra Nevada y de lap arte de Sierra Nevada y las Alpujarras*. «Bull. Inst. Geol. Min. de España», t. XLII, pp. 1-115, Madrid, 1922.
- (22) SOLER, L.: «España». «Geografía Física», t. I, 1952 (en Manuel Terán, *Geografía de España y Portugal*, 4 tomos).

- (23) STARR, R.: *Ideas sobre la tectónica de España*. Real Academia de Ciencias, Bellas Artes y Nobles Artes de Córdoba, 1927.

M. PIERRE SOUQUET (*)

SOBRE LA ESTRUCTURA DEL VALLE DE ARAZAS, AL SUR
DEL MACIZO DEL MONTE PERDIDO (PIRINEOS
ARAGONESES, ESPAÑA)

Sobre el borde meridional de la zona primaria axial, delante del frente de la capa de recubrimiento de Gavarnie, desde hace tiempo conocida por Bresson (1), los terrenos cretácidos y nummulíticos del macizo del Monte Perdido están replegados en una cascada de pliegues tumbados hacia el Sur, minuciosamente estudiados por P. Misch (2) y L. Mengaud (3). El pliegue más meridional y al mismo tiempo más profundo, se observa en el valle de Arazas (o valle de Ordesa), donde Dalloni (4), después de Ch. Jacob y L. Mengaud (5) han demostrado que las calizas maestrichtienses, rojas, de los altos relieves de este valle, están comprendidas entre las calizas blancas del Eoceno que forman a la vez los escarpes más elevados y los entablamentos más bajos. Este doblamiento de la serie ha sido explicado por los últimos autores citados con la ayuda de un gran pliegue tumbado hacia el Sur. M. G. Rutten (6) ha indicado dislocaciones tangenciales para explicar la disposición localmente vertical de ciertas capas maestrichtienses. Recientemente, los encargados del mapa geológico de la provincia de Huesca (7), E. Masure, A. Almela y J. M. Ríos, han adoptado la primera interpretación. Observaciones recientes me llevan a presentar una nueva concepción de la estructura del valle de Arazas.

Las calizas eocenas del fondo del valle de Arazas que, en la interpretación actualmente admitida, están consideradas como pertenecientes al flanco inverso del pliegue tumbado, se presentan en realidad en disposición normal. Estas calizas constituyen la entrada que conduce al Parque nacional de Ordesa, y, más al Oeste, al cañón del río Ara. Tienen de buzamiento unos 30° al Sur y presentan, de abajo arriba, la sucesión siguiente:

(*) Traducción realizada por María Concepción López de Azcona. «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 258, pp. 6.491-6.493, 1964.

Danés:

— calizas litográficas o conglomerados, en pequeños bancos.

Montiense-Landeniense:

- calizas areniscosas con estratificación entrecruzada;
- calizas oscuras, con Algas, *Operculina heberti* y *Discocyclina scouesi*;
- calizas sublitográficas con Melobesides, *Pseudolithothamnium album* y *Planorbulina*;
- calizas oscuras con Miliólidos, pequeñas Alveolinas y *Fallotella alavensis*;
- calizas areniscosas con estratificación entrecruzada.

Cuisiense:

- calizas con sílex, en pequeños bancos, mezclas de Alveolinas, asociadas a Operculinas y Nummulites; estas calizas se hacen areniscosas en su parte superior, donde incluso se cargan de fragmentos de cuarzo.

La edad de cada uno de los niveles de esta sucesión no puede ser precisada con exactitud; pero el orden de sucesión de las capas, que es lo principal, está bien establecido, ya que de este análisis resulta, que las calizas del fondo del valle de Arazas se disponen en una serie normal, situada sobre la totalidad del Eoceno inferior. Los criterios de polaridad observables en los lechos arenosos entrecruzados confirman esta disposición.

La serie eocena, normal, reconocida en el fondo del valle de Arazas, está por encima, siguiendo un plano de contacto inclinado de 20° al Sur, por un gran pliegue acostado donde la charnela frontal, está bien visible en el corte del río Ara, al Norte de Torla. El centro del pliegue está formado por calizas areniscosas con Orbitoides del Maestrichtiense, encima de un flanco inverso reducido a una sola capa de calizas montienses y landenienses. El flanco normal comprende una serie eocena regular que monta hasta el Flysch luteciense, muy ampliamente desarrollado, más al Sur, en el sinclinal terciario de Aragón.

La charnela del pliegue acostado se observa aún, más al Este, en las cortadas meridionales del valle de Arazas, donde las calizas areniscosas del Maestrichtiense, en el Mirador del Rey, después las calizas dolomíticas con *Nummofallotia cretacea* y *Siderolites vidali* del Santoniense al Campaniense, enfrente del circo del Cotatuero, se colocan para dibujar una bóveda directamente en contacto con las calizas con Alveolinas del Cuisiense, que terminan la serie normal subyacente.

El importante cabalgamiento mostrado de este modo, se vuelve a encontrar con una gran nitidez en las cortadas septentrionales del valle, bajo el nacizo de Escanana, de Salarous y de Arruebo. Los espléndidos muros del valle de Arazas recortan una serie que va del Flysch luteciense a las calizas areniscosas maestrichtienses, en el circo de Salarous, y a las calizas santonienses o campanienses con *Monolepidorbis sanctae-petragiae*, en el circo de Cotatuero. En toda su extensión esta serie normal, subhorizontal, sobremonta directamente las calizas cuisenses con Alveolinas de la serie subyacente, ella también en disposición normal y con buzamiento regular al Sur.

De esta manera la parte superior del nacizo, de apariencia tabular, escavado por el profundo valle de Arazas, se muestra desprendido y desplazado hacia el Sur, en un gran anticlinal tumbado, con flanco inverso casi completamente estirado.

La demostración de un cabalgamiento de esta importancia en el valle de Arazas subraya el papel tan importante que juegan los descolgamientos y deslizamientos en dirección Sur en la tectónica de la cubierta meridional de la Zona primaria axial.

Este descubrimiento puede conducir a una interpretación nueva en lo concerniente a la estructura de conjunto del Monte Perdido. En efecto, las calizas eocenas autóctonas que, en el fondo del valle de Arazas y del río Ara, presentan una disposición normal, se integran a una serie regular soportando, hacia arriba del puente de Santa Helena, calizas areniscosas maestrichtienses; después, en Boucharo, calizas con Hippurites, en contacto con los terrenos paleozoicos de la zona axial. Encima, la serie cabalgante se pone en continuidad, hacia el Norte, con los terrenos que, en la región alta del Monte Perdido, dibujan los repliegues cada vez más apretados, antes de apoyarse a la vez sobre la capa de recubrimiento de Gavarnie y sobre su sustrato, siguiendo una superficie de contacto anormal, buzando en el circo de Gavarnie, 60° al Sur. Por el contrario, el descolgamiento, identificado en el valle de Arazas, se amortigua hacia el Oeste, en la Sierra de Tendeñera: la charnela frontal del pliegue tumbado se levanta y desaparece arriba en la Peña de Otal, mientras que las capas cretácicas y nummulíticas, horizontales y aumentadas más al Este, no constituyen más que una sola serie, subvertical, sobre el frente de la Zona primaria axial.

El dispositivo cabalgante observado en el valle de Arazas se desarrolla, por lo tanto, al este del meridiano de la Peña de Otal, es decir, precisamente sobre el frente de la capa de Gavarnie. Parece, a partir de este hecho, razonable ponerlo en relación con esta capa de recubrimiento. Del mismo modo podemos considerar la serie cabalgante del valle de Arazas como la cubierta del Paleozoico acarreada, cubierta que se habría deslizado hacia el Sur, para hundirse como una esquina en el Flysch sinclinal terciario de Aragón.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) A. BRESSON: «Bull. Ser. Carte Géol. Fr.», 14, n.º 93, p. 238, 1903.
- (2) P. MISCH: «Beitr. Geol. westl. Mittelmeergeb.», n.º 13 «*Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math. phys.*», K 1, III F., H. 12, 1934, p. 1300.
- (3) L. MENGAUD: «Bull. Serv. Carte Géol. Fr.», 40, n.º 199, pp. 197-223, 1938.
- (4) M. DALLON: «Thèse», Paris, p. 402, 1910.
- (5) CH. JACOB y L. MENGAUD: «Comptes rendus», 185, p. 660, 1927.
- (6) M. G. RUTTEN: «Estudios Geológicos», 12, p. 21, 1955.
- (7) E. ALASTRUE, A. ALMELA y J. M. RÍOS: «Inst. Geol. y Min. España», p. 155, 1957.

J. DOETSCH SUNDHEIM

INVESTIGACIONES MINERAS

ZUSAMMENFASSUNG

Im Folgenden wird eine Synthese der Lagerstättenforschung in Spanien gegeben. Es wird darauf hingewiesen dass diese Forschung nur auf Fusse einer eingehenden Analyse der Muster zum richtigem Ergebnisse zu gestalten ist. Ein modernes mineralogisches petrographisches, geochemisches und geophysikalisches Laboratorium ist unumgehend noetig sowie die Makro u. Mikropaläontologie. Die Ergebnisse dieser Studien belichten das eingehende geologische Studium welches eine gute Lagerstättenforschung verlangt.

SINTESES

Se muestra en este trabajo la síntesis del estudio completo de criaderos tal y como se han de realizar en España. Se señala que estos estudios radican en el análisis detenido de las muestras mediante varias técnicas. Para ello es imprescindible disponer de Laboratorios mineralógico petrológico, geoquímico y geofísico, así como de macro y micropaleontología. La información obtenida de esta clase de estudios iluminará el estudio geológico de detalle que exige toda investigación correcta de criaderos.

Me cabe la honra de dirigirme a ustedes en estas Segundas Jornadas Nacionales Minero Metalúrgicas que se celebran en la actualidad aquí en la perla del Betis, la antigua Hispalis.

El tema elegido consiste en exponer sumariamente algunas ideas acerca de la Investigación Minera Moderna y el campo de aplicación de ellas en nuestra Patria.

Aun cuando las investigaciones mineras en general comprenden la investigación de minerales propiamente dichos, la de materiales pétreos para construcción, etc., y los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos (fig. 1), en la

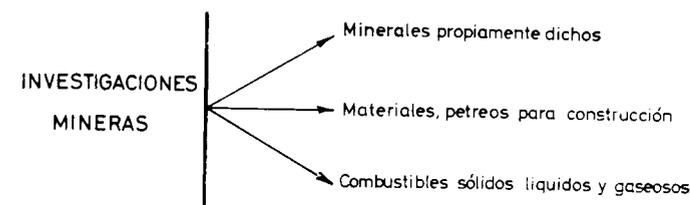


Fig. 1.

presente comunicación restringimos el ámbito del concepto de investigaciones mineras a la investigación de minerales y de combustibles sólidos, prescindiendo de los demás objetos materiales que pueden ser investigados minieramente.

Comenzaremos haciendo un poco de historia de las investigaciones mineras.

I. PROSPECCIÓN INICIAL ROMANA

Desde que el hombre aprendió a elaborar metales, partiendo de las materias primas que le ofrecía la Naturaleza, se inició la prospección minera que podemos considerar como el embrión de las investigaciones de la época moderna actual. Tartesios, fenicios, romanos, fueron perfeccionando el sistema de prospección sencillo y simple de aquellos tiempos, especialmente en nuestra patria, donde los afloramientos eran bastante numerosos. Sus prospectores eran siervos, esclavos que sólo percibían escasa manutención.

Reconocieron muchísimos criaderos, dando lugar al aforismo minero de siglos posteriores, que afirman que donde no habían trabajado los romanos no podía existir mina de interés alguno.

Multitud de pozos gemelos que cortan la corteza superficial de las antiguas regiones mineras españolas, así como rozas y cortas a cielo abierto, son testimonio de su intensa y sostenida actividad. Son fruto del gran espíritu investigador romano que durante muchos siglos dominó en nuestro país.

Sus labores mineras llegaban a veces a profundidades considerables y sólo fueron destinadas por aguas subterráneas que afluiran en cierta cantidad.

Esta clase de investigación y consiguiente laboreo y explotación se reducía a estos tres puntos:

- 1.º) Buscar afloramientos.
- 2.º) Estudiar las menas encontradas.
- 3.º) Hacer labores mineras.

Múltiples son las reglas empíricas dadas y que se encuentran reproducidas en libros que tratan del Arte de la Minería.

Gran parte de ellas son aplicables aún hoy día, pues plasman el proceder racional y lógico del minero.

Esta manera, si cabe sencilla, de prospectar criaderos minerales, ha perdurado durante muchísimos siglos, hasta tanto que los criaderos nuevos que afloraban, escasearon cada vez más. Pero las ciencias naturales se des-

arrollaban incesantemente y como también las necesidades ingentes de materias primas que aumentaban de día en día, hicieron inevitable buscar nuevos procedimientos y métodos para reconocer criaderos y yacimientos ocultos.

II. PASO DE LA PROSPECCIÓN ANTIGUA A LA MODERNA

Como paso de un sistema de investigación a otro, podemos citar, ya a fines del siglo pasado, el descubrimiento del criadero oculto de pirita llamado Las Herrerías, sito en el término municipal de Puebla de Guzmán, de la provincia de Huelva. Desde el fondo de barco de una masa de pirita, desnudada y ubicada en el Cerro de Santa Bárbara, siguiendo ciertos indicios aflorantes en dirección E., se profundizaron pozos de reconocimiento de hasta 60 m. de profundidad. El último, el número 12, se iba a abandonar y con él definitivamente la prospección. El capataz insistió en tirar cruces en dirección N.-S., desde el fondo del pozo antes de abandonarlo, y a esa profundidad de 60 m. ambos cruces cortaron sendos picos, de los así llamados filones «Agosto» y «Masa Cinco», que no afloraban, intensamente explotados con posterioridad (fig. 2).

MINA "LAS HERRERIAS"
PUÉBLA DE GUZMAN (HUELVA)

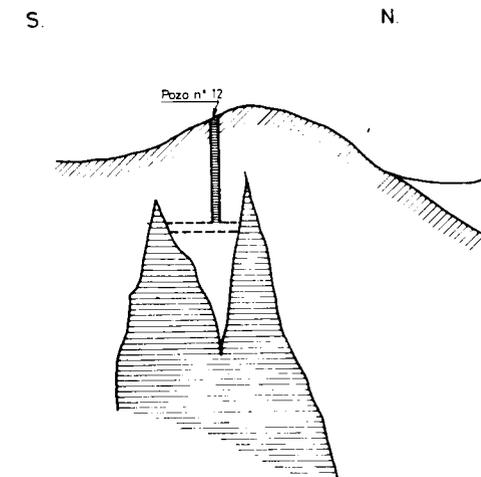


Fig. 2.

La investigación consciente de una masa oculta había dado su fruto.

Se hacía, pues, imprescindible buscar criaderos que no aflorasen, o sea, que estuviesen ocultos, e inmediatamente surge la pregunta: ¿Dónde se encuentran dichos criaderos ocultos? ¿Cómo se los puede localizar?

III. LA PROSPECCIÓN MODERNA

A) Fundamentos

Obvio resultaba buscar o inquirir la solución del problema planteado por la falta de afloramientos en el estudio comprensivo del nexo existente entre las menas de los criaderos conocidos y las rocas encajantes utilizando todos los medios modernos (técnicas) a nuestro alcance. Así, pues, si donde existen criaderos de piritas se ha estudiado, por ejemplo, a fondo la relación de pirita-roca encajante, estudiando a fondo la pirita, la roca en que encaja, las alteraciones límites, etc., la génesis de cada uno de ellos, pirita y roca, los procesos sufridos en la diagénesis y durante las épocas geológicas que median desde que se formaron hasta nuestros días, no sería difícil en extremo encontrar otros criaderos ocultos, en la actualidad.

Dicho de otro modo, se requiere un estudio geológico de la región con cierto detalle, y para ayudar o facilitar este estudio se tomará muy en cuenta la fotografía aérea de esa región, que aclara con relativa facilidad el estudio propuesto. Además, donde los estudios geológicos indiquen posibilidades de mineralizaciones, se deberá acudir en auxilio de la Geofísica aérea y terrestre. Si buscamos, por ejemplo, piritas en la parte SW. de la Península, el estudio monográfico de los criaderos conocidos nos dará indicaciones precisas acerca de su manera de formarse y donde existe posibilidad que existan criaderos ocultos. Claro está que unos estudios monográficos concienzudos de criaderos en el caso presente de piritas puede llevar varios años estudiando las rocas y las diferentes partes del criadero. Mil muestras tomadas, con secciones delgadas y pulidas no es una exageración para el que conoce lo que requiere tal clase de estudios. Unos criaderos podrán exigir más estudios o menos, pero en conjunto, para hacer las cosas como se deben, el trabajo es muy grande, y puedo hablar de esto porque estoy metido en ello. Pero lanzarse sin estos medios a investigar, es hacer frente a un juego de azar, que a veces puede dar frutos, pero sin fundamento científico alguno.

La razón motivo de llevarlos a cabo es patente, es el único camino viable. Esta clase de trabajos es muy pesada, lleva consigo muchos gastos, instalaciones numerosas, personal muy especializado y bien retribuido, y requiere bastante tiempo para poder ser bien hecha. Me refiero directamente al trabajo en un *laboratorio*.

1. *Importancia del laboratorio.*

La importancia de laboratorios fue descubierta junto con la iniciación y progreso de las Ciencias Naturales, pues en laboratorios (si es que nos permiten llamar así a los cuartos donde trabajaron los «Pioneros» de las Ciencias Naturales) se hicieron los grandes descubrimientos modernos. De ahí es natural que cada cátedra de Universidad o E. T. S. del extranjero tenga su laboratorio más o menos bien dotado y pagado por el Estado, donde se trabaje asiduamente y con gran fruto para la investigación y el progreso, no sólo científico sino también el progreso económico industrial. Se ha llegado a afirmar que nación que desprecia los laboratorios, no puede competir internacionalmente y queda relegada a la categoría de colonia económica industrial.

Pero no solamente el Estado sino las empresas particulares montaron y montan sus laboratorios para en ellos estudiar y procurar resolver sus problemas propios planteados. Esto les resulta beneficioso aun cuando evidentemente es oneroso.

2) *Ejemplo de un laboratorio de Mineralogía y Petrología.*

Tal necesidad de laboratorios, nacida por haber venido al mundo dentro del seno de una familia minera y haber vivido la necesidad de investigaciones mineras fue el fin, blanco u objeto primordial desde que me nombraron catedrático de Mineralogía y Petrología de la entonces Escuela Superior de Ingenieros de Minas, hoy E. T. S., ya hace diez años. Dicho ya en estas lides, pues el Laboratorio de Espectroscopía Óptica y de Rayos X del Instituto Geológico y Minero fue proyectado e iniciado por mí en los años 1932 y siguientes, me encontré de que disponía en aquel entonces de unos 46 metros cuadrados de laboratorio y de muy pocos aparatos imprescindibles para la enseñanza y mucho más para la investigación.

Con las ulteriores reformas de la Enseñanza Técnica Superior y esgrimiendo el argumento sólido y fundado que de entre todas las E. T. S., incluyendo Arquitectura, la única que separaba la Mineralogía y Petrografía de la enseñanza general de Geología. Por esta razón se le debía dar a esta E. T. S. las facilidades para formarse un laboratorio digno y actualizado en esta materia (fig. 3).

Estos motivos hicieron impacto en el entonces Ilmo. Sr. Director General de Enseñanza Técnica, quien ayudó eficazmente a la puesta en marcha.

Se logró entonces formar lo que les ofrezco a continuación y que en la actualidad sigue funcionando merced a la aportación gratuita de amigos y compañeros, algunos de estudio conjunto (allá por los años 30), otros más modernos que han apreciado el esfuerzo realizado. Pero, a pesar de todo

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS

LABORATORIO DE MINERALOGIA PETROGRAFIA Y GEOQUIMICA

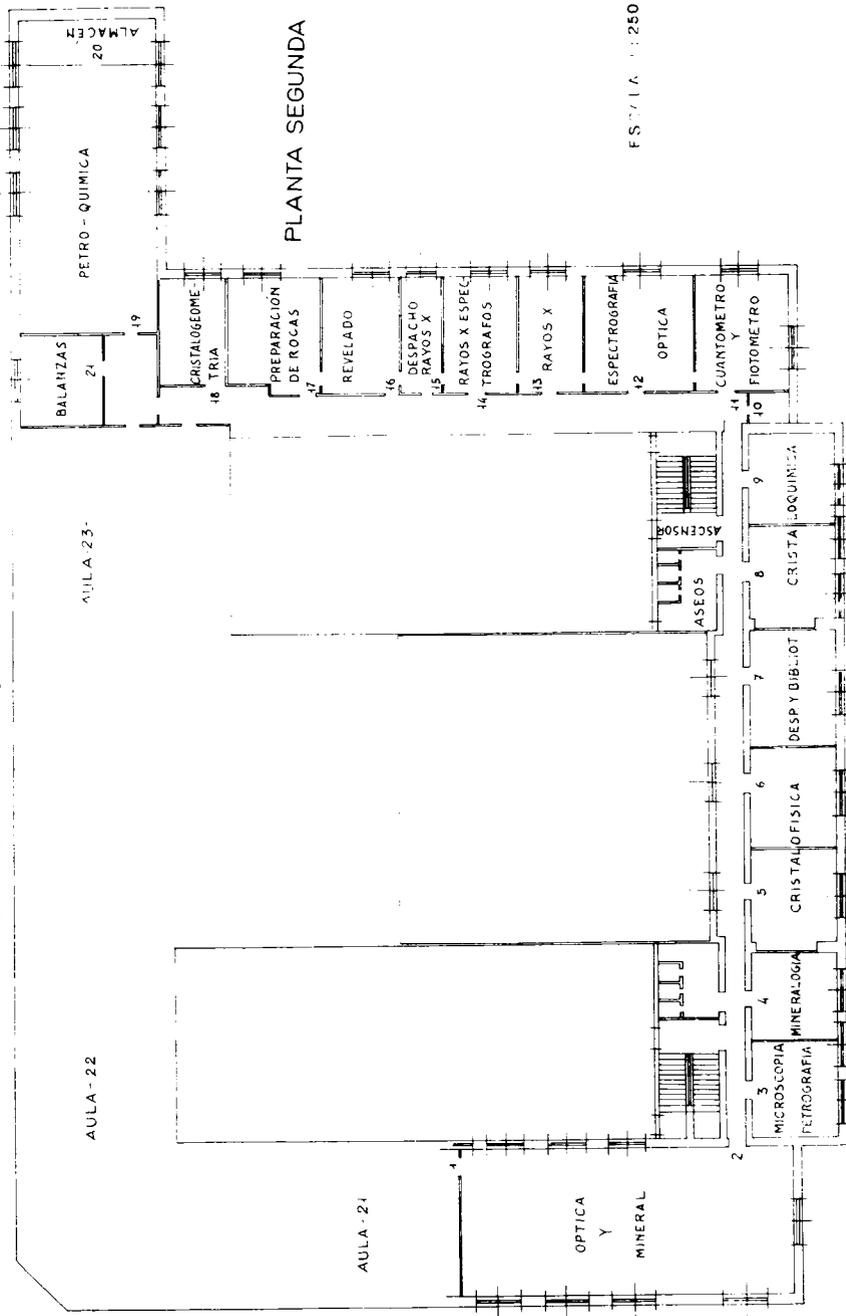


Fig. 8.

efo, sin una aportación privada el laboratorio no tendría vida y esta aportación privada también se encontraría.

En la actualidad hemos podido, entre otros muchos trabajos, aparte, claro está, de la función docente, desde un punto científico, determinar la existencia del mineral polimorfo de la caolinita denominada nacria en muestras de rocas y carbonatos (ankeritas) de Cerain (Guipúzcoa) y determinar la existencia de la especie mineral llamada fuelloepita en los sulfuros complejos de La Sierrecilla (término de Puebla de Guzmán en la provincia de Huelva).

Desde un punto de vista científico-industrial se han estudiado entre otras cosas 180 metros procedentes de las Islas Canarias, y centenares de muestras de menas mineras industriales.

Estamos en un plan industrial estudiando las muestras de sulfuros complejos de la zona de Huelva para estudiar su génesis y su probable tratamiento, así como el contenido en arsénico de determinados criaderos de pirritas de la provincia de Huelva, gracias a una beca concedida por la Fundación March.

En marcha normal en el laboratorio se aplican a las muestras varias de las técnicas de que actualmente disponemos, como son:

- Técnica microscópica por transparencia.
- Técnica microscópica por reflexión.
- Técnica de análisis difractométricos por rayos X.
- Técnica de análisis espectroquímico por rayos X.
- Técnica de análisis espectroquímico óptico.
- Técnica de análisis químico clásico.

Los resultados obtenidos en las diversas secciones correspondientes a cada una de las técnicas empleadas se comparan entre sí (figs. 4, 5).

La rapidez y la seguridad de los resultados que se obtienen, tanto por la difracción de rayos X, como por el análisis espectroquímico roentgenográfico son muy grandes, pues los resultados se consignan gráficamente y la interpretación subjetiva de los análisis se reduce a un mínimo. Por ejemplo, en la determinación de la fuelloepita. Está en una cantidad relativamente pequeña, casi en el límite de apreciación posible por la difracción de rayos X. Como, por otra parte, había que dar cuenta de un mineral que coincidía con las escasas características de la fuelloepita publicadas para su determinación por la técnica de luz reflejada no nos cabe, hoy por hoy, duda de la existencia de la fuelloepita estudiada por varias técnicas a la vez.

Pero el pleno desarrollo no lo ha adquirido aún ni mucho menos el laboratorio en cuestión. Le faltan muchas técnicas aún que incorporar a su acervo: por ejemplo, el análisis térmico diferencial para poder clasificar materiales arcillosos, técnicas de granulometría, y calidades de arenas, et-

cétera. Técnicas de deformaciones de minerales y de rocas. Técnicas de comportamiento de minerales y de rocas frente a influjos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos, y también, como no, espectrógrafos de masa para determinar con cierta seguridad la edad absoluta de minerales y de rocas.

LABORATORIO DE MINERALOGIA PETROLOGIA Y GEOQUIMICA

E.T.S. de Ingenieros de Minas MADRID

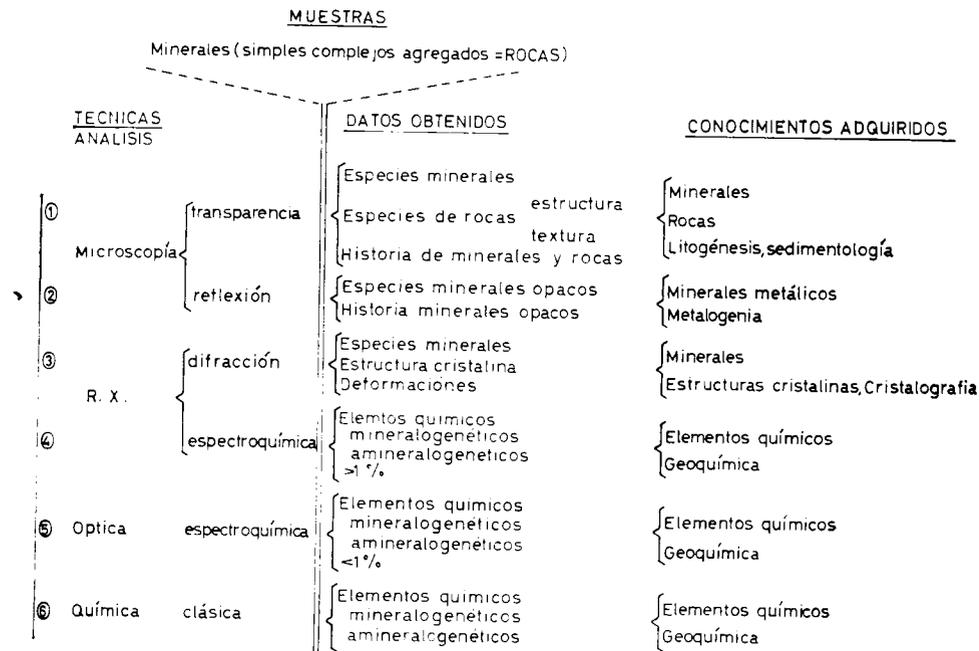


Fig. 4

Ante todo, sin embargo, necesita de cierta cantidad de dinero para pagar de una manera conveniente a los especialistas y colaboradores de todos los grados que trabajan en él. Este es seguramente el renglón más difícil de satisfacer.

Si siguiendo el aforismo latino que «Gutta cavat lapidem non semel sed saepe cadendo», se irán venciendo las dificultades que se amontonan en el camino ascensional del laboratorio.

3) *Otros laboratorios necesarios.*

Para un trabajo completo necesitaremos además otros laboratorios, como

pueden ser el de Macro y Micropaleontología, el de laboratorio complejo de Geofísica, el de Fotogeología, y, ante todo, el de Preparación de las menas, etcétera, que proceden de otras ramas de las Ciencias Naturales, pero que son imprescindibles para llevar a cabo una prospección a fondo, según las normas modernas.

LABORATORIO DE MINERALOGIA PETROLOGIA Y GEOQUIMICA

E.T.S. de Ingenieros de Minas MADRID

ENGRANAJE DE TECNICAS

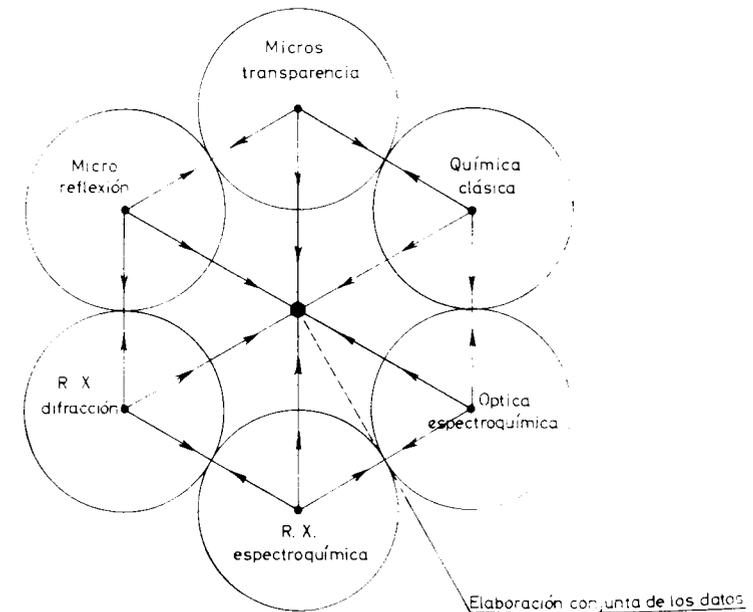


Fig. 5.

B) *En qué consiste la prospección moderna*

Volvamos ya a nuestro tema. Estamos todos convencidos que en el estudio profundo y concienzudo del nexo criadero o yacimiento y rocas encajantes que, claro está, comprende el estudio del criadero y de las rocas encajantes y por ende de toda la geología de la región donde se encuentra el criadero o yacimiento, se funda todo lo que podemos esperar de la prospección minera moderna.

Podemos afirmar ahora ya, que al iniciar una investigación minera se ha de tener una idea clara de lo que se pretende hacer y los motivos que la mueven a hacer la investigación.

Lo primero es realizar un estudio geológico general de la región y de detalle de las zonas que más interesan a la investigación que se desea efectuar. Para completar este estudio es muy conveniente el auxilio de la interpretación adecuada de las fotografías aéreas verticales a escala adecuada, teniendo en cuenta el cuadro de R. Helbling (fig. 6).

Al existir determinadas zonas de interés se ha de emplear el estudio, al menos con la investigación geofísica, con equipos aéreos, si bien es de desear hacer la investigación terrestre para mayor seguridad y poder localizar sobre el terreno el criadero oculto.

Tamaño del objeto	Distancia mínima apreciable en la práctica	Distancia mínima apreciable en teoría
	0.05 mm.	0.02 mm.
0,15 m.	1 : 3.000	1 : 7.500
0,25 m.	1 : 5.000	1 : 12.500
1,00 m.	1 : 20.000	1 : 50.500
2,00 m.	1 : 40.000	1 : 100.000

Fig. 6.

Por fin se han de tomar muestras de aguas, rocas, vegetales y animales, para con ellos hacer análisis geoquímicos y con ello poder delimitar ubicaciones de posibles criaderos.

Claro está que si la suerte deparase encontrar alguna muestra del mineral que se desea investigar, habría que estudiarlas como ya es costumbre en los laboratorios modernos.

En el cuadro adjunto hemos resumido estas fases de la investigación minera moderna, de suerte que podamos tenerlas presentes (fig. 7).

Insistimos: siempre que se haga la investigación de una clase determinada de menas, se han de concretar las características de éstas, su modo de presentarse, rocas encajantes, etc., y tenerlas presentes al menos en el estudio subsiguiente geológico y fotogeológico.

Terminado este aspecto de la investigación moderna quisiéramos, aunque de paso y con pocas palabras, hablar algo de las características que han de adornar a un investigador minero.

Ha de reunir muchas cualidades que quedan resumidas en ser un buen geólogo y práctico, de espíritu amplio.

Insistimos con palabras de P. Duhem en su obra *La théorie physique: son objet et sa structure*, publicada en el año 1906. «En todos los países se

encuentran hombres de espíritu amplio, pero existe un pueblo donde la amplitud de espíritu se encuentra en estado endémico; este pueblo es el inglés». Añadimos nosotros: por ello, los anglosajones controlan las 3/4 partes de la producción minera mundial.

No ha de apurarse por falta de tiempo. Ha de llevar a cabo su programa con tranquilidad y profundidad, y así logrará alcanzar el objetivo complejo que se le presentó y tras el cual laboró incesantemente.

INVESTIGACIONES MINERAS

I FASE PRIMITIVA

Hay afloramientos en la superficie terrestre

- a) Se buscan los afloramientos (campo)
- b) Se estudian las muestras (laboratorio)
- c) Se hacen labores mineras (campo)
- d) Se valora

II FASE ACTUAL

No hay afloramientos en la superficie terrestre

a) En áreas donde hubo criaderos minerales

Estudio geológico-mineralógico-petrográfico (campo-laboratorio)

- fotogeológico (laboratorio)
- mineralogénico (campo-laboratorio)
- geofísico { aéreo } (campo-laboratorio)
- geofísico { terrestre } (campo-laboratorio)
- geoquímico { aguas } (campo-laboratorio)
- geoquímico { rocas } (campo-laboratorio)
- geoquímico { biológica } (campo-laboratorio)

b) En áreas donde no hubo criaderos minerales

Estudio geológico-mineralógico-petrográfico (campo-laboratorio)

- fotogeológico (laboratorio)
- geofísico { aéreo } (campo-laboratorio)
- geofísico { terrestre } (campo-laboratorio)
- geoquímico { aguas } (campo-laboratorio)
- geoquímico { rocas } (campo-laboratorio)
- geoquímico { biológica } (campo-laboratorio)
- mineralogénico (campo-laboratorio) (si existen muestras)

Fig. 7.

Por otra parte, no se le puede fijar ni horas ni días. Al prospector hay que dejarle trabajar con tranquilidad. Pero, eso sí, que trabaje a gusto y en firme.

El factor tiempo de duración de un estudio es muy difícil de fijar, pues

depende de muchísimos factores imposibles de controlar *a priori*. Por ello, cuando se oye que le fijan fechas para estudios de investigación minera completa al investigador, sólo queda el pensar que quien fija duración del trabajo no tiene ni idea de tal clase de trabajos, o bien que no le interesa que la investigación se haga bien.

IV. LAS INVESTIGACIONES MINERAS EN ESPAÑA

Sin lugar a dudas, España es uno de los países con mayor abundancia de criaderos en toda Europa occidental. Mas después de muchísimos siglos de más o menos intensa explotación, se ha llegado a la situación actual.

Posición de los criaderos en relación con el nivel de erosión

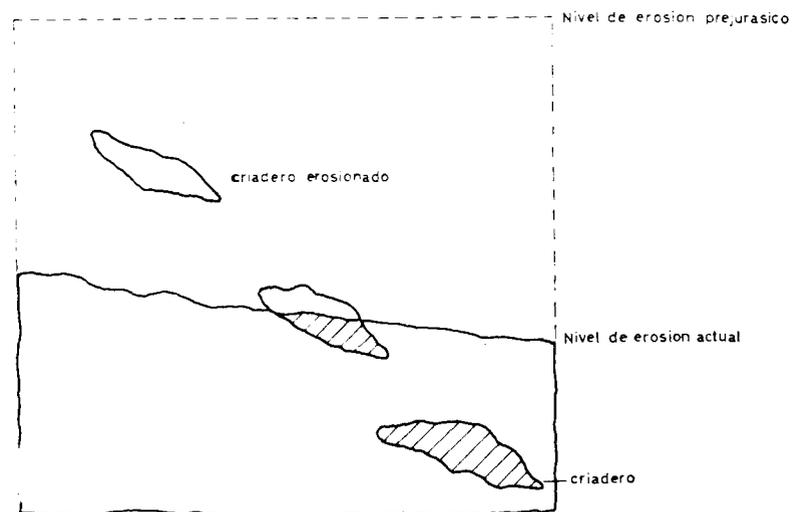


Fig. 8.

Estamos seguros que existen muchísimos criaderos o yacimientos ocultos (fig. 8).

En el sentido que hemos expuesto las modernas investigaciones mineras, podemos afirmar que en España, en general, no se ha realizado hasta la fecha una investigación de conjunto de esta clase. Exceptuando naturalmente las investigaciones petrolíferas efectuadas según patrón moderno extranjero (fig. 9).

Teniendo a la vista el mapa geológico de España, fácilmente saltan a la vista, apoyándose en alguna experiencia minera, multitud de problemas

de investigación minera a escala nacional y, claro está, un número mucho mayor de problemas particulares, de mucha envergadura. Estos si pueden ser resueltos por empresas particulares, pero los anteriores no.

A este grupo se refiere el estudio de la cuenca carbonífera de Asturias

INVESTIGACIONES MINERAS EN ESPAÑA

(Plan moderno)

(Prescindimos de las investigaciones petrolíferas)

a) MENAS	LUGARES (en conjunto)
Piritas (S, Fe, Cu)	Cordillera Mariana
Galena (Pb, Ag)	" Carpeto-Vetónica
Cinc (Zn, Cd, Ge?)	" de los Montes de Toledo
Cobre (Cu, ...)	" Iberica
Hierro (Fe, ...)	" Béticas
Aluminio (Al, ...)	" Pirenaica
Mercurio (Hg, ...)	" Catalana
K ₂ O (K, ...)	Depresión del Guadalquivir
b) ROCAS (Construcción, cementos, ornamentación)	LUGARES
Mármoles	
Calizas	
Alabastros	
Anhidritas	
Bentonitas y otras arcillas	En toda España
Areniscas	
Arenas cuarzosas	
Granitos	
Porfidos	
Serpentinas	
c) COMBUSTIBLES SOLIDOS	
Lignitos (en bordes de cuencas de era secundaria y terciaria)	
Carbón (cuencas de Asturias, León, Palencia y cuenca de Burgos, supponible y quizás probable unión)	

Fig. 9.

que, en su conjunto, aún está prácticamente sin estudiar. La cuenca carbonífera de la Sierra de la Demanda y su posible y probable unión con la cuenca asturiana. Los mares del Carbonífero no solían ser lagos de pequeñas dimensiones. Esta investigación evidentemente es de escala nacional.

Otro de los grandes problemas consiste en el estudio total de la Sierra Morena. No se puede conocer en la hora actual la razón de que en las estribaciones septentrionales de la parte más occidental (Huelva, Badajoz) los criaderos de hierro se encuentren en ellas y en las estribaciones meridionales se ubiquen las piritas. Conocido este motivo, fácil resultaría la investigación.

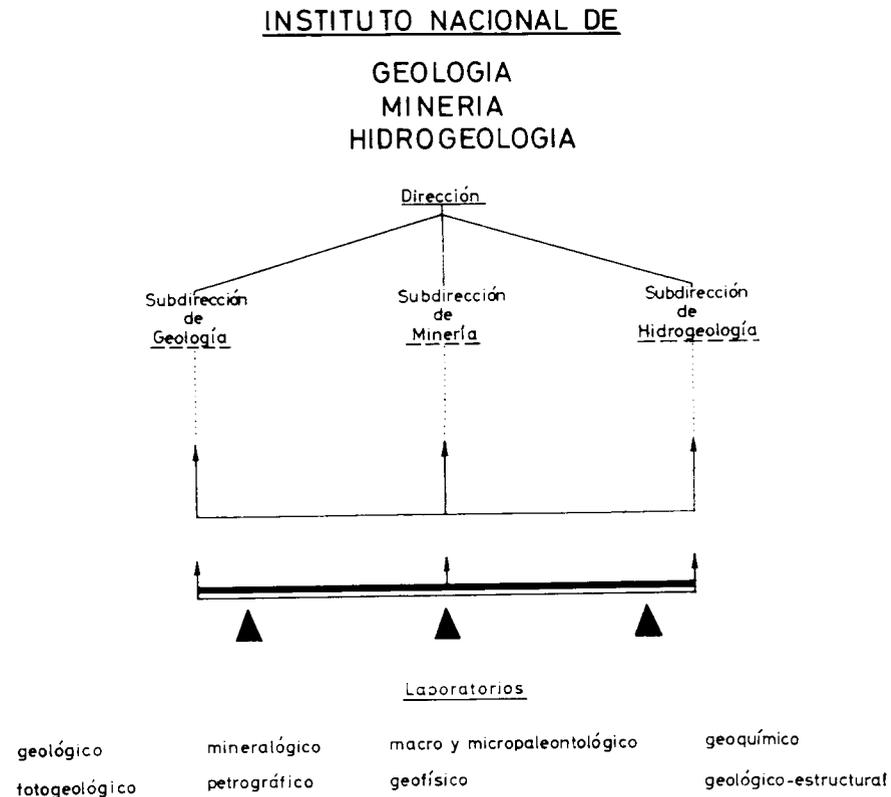


Fig. 10.

En la misma Sierra Morena, aún más al Norte, existe el gran campo, de fractura de más de 200 kilómetros de longitud y casi 80 de ancho, donde se encuentran las mineralizaciones de galena y blenda subsidiaria.

Para todo ello existen motivos y razones. Es necesario hacer labor de detalle, o sea, monografías de criaderos que por parte española están casi prácticamente sin hacer todavía.

La Cordillera Ibérica asimismo rica en mineralizaciones, pero probablemente menos conocida que la Sierra Morena, está casi inexplorada por investigadores españoles, si prescindimos de los combustibles.

Los probables yacimientos de sales potásicas de la cuenca del Guadalquivir. Las zonas limítrofes con nuestra querida Portugal, ricas en estaño y wolfram, etc., han sido explotadas aisladamente, sin llegar a estudiarse las formaciones rocosas mineras en su conjunto.

Estudios de conjuntos de elementos metálicos como el hierro, cobre, plomo, cinc, azufre (piritas) de los que España alguna vez ha sido uno de los principales productores del mundo, no han sido objeto de estudios serios de conjunto en nuestra Patria.

Este estado de cosas es el que nos hace señalarlos y recomendar a las Altas Jerarquías, que pueden disponer de medios y de la responsabilidad correspondiente, que se solucionen o comiencen a solucionar estos problemas.

Se da el caso de que en países considerados como subdesarrollados, como son Turquía y Grecia, están ya en claras vías de solución.

En nuestro caso, la verdadera solución consiste, sin duda, en transformar el Instituto Geológico y Minero de España, anticuado en su concepción y mucho más en su funcionamiento secular, en un Instituto Nacional de Geología, Minería e Hidrogeología, de estructura similar a la del Instituto Nacional de Colonización (fig. 10), con la reagrupación parcelaria de minas pequeñas, etc.

Sólo así se podrá poner remedio a nuestro retraso y se podrá hacer bien a la Patria, aún cuando con algún retardo sobre otros países, como Estados Unidos, el Reino Unido, Francia y Alemania, que tienen hace tiempo ya su suelo y subsuelo bien conocido.

Pernicioso criterio es evidentemente el que aboga por impedir la investigación en España y comprar patentes extranjeras. Nos harían pagar sus investigaciones y asegurarían la plena dependencia de aquellos países que minan su investigación. Por algo investigan ellos.

Recibido el 5-XII-1964.

JOAQUIN MONTORIOL-POUS y MANUEL FONT-ALTABA (*)

ESTUDIO DEL YACIMIENTO DE FLUORITA «MINA BERTA»
(SAN CUGAT DEL VALLES, BARCELONA)

IV. ESTUDIOS MEDIANTE TRATAMIENTO TERMICO (DECOLORACION,
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL, DECREPITOMETRIA)

R E S U M E N

Se lleva a cabo el estudio de diversos ejemplares de fluorita, calcita y galena, procedentes del yacimiento Berta. Las técnicas utilizadas son: decoloración por el calor, análisis térmico diferencial y decrepitemetría.

Del análisis de los resultados obtenidos, se deduce: *a)* Las diferentes coloraciones de la fluorita de Mina Berta no son debidas ni a la presencia de hidrocarburos, ni a la existencia de fluor libre, ni a los cationes de impureza. Parece probable se deban a efectos de presión. *b)* Los colores acaramelado y negro que presentan algunos ejemplares de calcita, se deben a la presencia de materia orgánica. *c)* Se han sucedido en el yacimiento dos fases de mineralización a temperatura relativamente elevada. Durante la primera (375-400° C) tuvo lugar la cristalización de los sulfuros metálicos; durante la segunda (270-285° C) cristalizó la fluorita.

R É S U M É

On fait l'étude des échantillons de fluorite, calcite et galène de Mina Berta. On a utilisé les techniques de la décoloration par la chaleur, l'analyse thermique différentiel et la decrepitemetrie. De l'analyse des résultats on peut déduire: *a)* La couleur des fluorites du gîte n'est pas due aux hydrocarbures, au fluor libre ou aux cations qui les impurifient. Il paraît probable qu'elle soit due aux effets de pression. *b)* Les couleurs acaramelisées et noires de quelques échantillons de calcite sont dus à la matière organique. *c)* Il y a eu dans le gîte deux phases de minéralisation à température relativement élevée. Pendant la première (375-400° C) ont cristallisé les sulphures métalliques; pendant la deuxième (270-285° C) a cristallisé la fluorite.

INTRODUCCIÓN

Se continúa en el presente trabajo el estudio mineralógico de las especies más abundantes en el yacimiento Berta, incluyéndose aquellas técnicas

(*) Este trabajo forma parte de la Tesis Doctoral del primero de los que suscriben

basadas en un progresivo aumento de la temperatura de las muestras investigadas, o sea: decoloración por el calor, análisis térmico diferencial y decrepitemetría.

La decoloración por el calor se ha ensayado con la fluorita y la calcita. La pérdida de la coloración que experimenta la fluorita a cierta temperatura es fenómeno conocido desde hace muchos años y sobre el que existe abundante literatura: se imponía por lo tanto, tratándose del mineral más abundante del criadero, llevar a cabo las oportunas comprobaciones. Las vivas coloraciones acarameladas de algunas calcitas y la existencia de ejemplares completamente negros, nos indujeron a ampliar las investigaciones a tal especie mineral, máxime cuando, por su cantidad, ocupa el segundo lugar en el yacimiento.

Las anteriores determinaciones fueron completadas con el análisis térmico diferencial y la comparación de las correspondientes curvas obtenidas, con los resultados de la decoloración térmica. Tal técnica fue aplicada asimismo a la caolinita con fines de identificación, pero omitimos la publicación de los resultados obtenidos por haber sido incluidos en nuestra primera comunicación sobre Mina Berta (1).

La decrepitemetría se aplicó a la fluorita y a la galena, ya que son los dos minerales clave para determinar las temperaturas de formación del yacimiento; la fluorita por constituir la masa principal, y la galena por ser el más abundante de los sulfuros metálicos. En cuanto a la calcita, tal técnica no es aplicable por no serlo en los carbonatos.

A) DECOLORACIÓN TÉRMICA

a) Generalidades

La decoloración por el calor de las variedades verde y violeta de la fluorita es fenómeno que ha venido estudiándose desde el pasado siglo. El hecho de que lleguen a perder totalmente el color, hasta quedar claras como el agua (2), ha sido interpretado de las más diferentes maneras (3). Tratándose de un problema no dilucidado, hemos creído de interés la aportación de nuevos datos.

b) Técnica utilizada

Se ha empleado un horno horizontal Heron, capaz de alcanzar una temperatura de 900°C. Su hogar cilíndrico mide 400 mm. de longitud por 35 milímetros de diámetro.

La regulación de la temperatura se logró mediante un reostato de 12 plots

y un interruptor Heron por tiempos de veinte puntos. El montaje fue realizado de tal manera que pudieran utilizarse ambos aparatos aisladamente o bien montados en serie, lo cual daba una posibilidad de 240 combinaciones diferentes.

La temperatura fue controlada mediante un termopar Cr/Al.

Las muestras se fracturaron en trozos de 4-5 mm. que, según nos demostró la experiencia, es el menor tamaño en que, apreciándose aún perfectamente la coloración, se producen menos roturas a causa de la dilatación. Los ejemplares fueron introducidos en el horno mediante navetas de refractario.

Los incrementos de temperatura fueron llevados a cabo a dos ritmos diferentes, para ver si ello afectaba a la temperatura inicial de decoloración. El ritmo rápido consistió en la elevación de un punto cada quince minutos, y el lento en la elevación de un punto cada veinticuatro horas o cada setenta y dos horas.

Al operar a ritmo rápido se siguió la elevación de la temperatura incluso después de comenzar la decoloración, mientras que al operar a ritmo lento se procedió a parar la elevación de temperatura al comenzar el pro-

TABLA I

Verdes (ejemplares núms. 3, 41, 51 B, 101, 108)

Rápido:	15 ^m -320°	No se decolora en absoluto.
	30 ^m -360°	Id.
	45 ^m -390°	Id.
	60 ^m -430°	Id.
	75 ^m -480°	Id.
	90 ^m -520°	Queda sólo un ligero tinte verde.
	105 ^m -570°	Tinte verde casi no visible.
	120 ^m -600°	Decoloración total.
Lento:	24 ^h -420°	No se decolora en absoluto.
	48 ^h -460°	Queda verde débil.
	72 ^h -460°	Tinte verde casi no visible.
	96 ^h -460°	Decoloración total.

Violetas (ejemplares núms. 5, 99 A, 145, 160, 161)

Rápido:	15 ^m -320°	No se decolora en absoluto.
	30 ^m -360°	Id.
	45 ^m -400°	Baja notablemente el tinte violeta.
	60 ^m -440°	Decoloración casi total.
	75 ^m -480°	Decoloración total.
Lento:	24 ^h -320°	No se decolora en absoluto.
	48 ^h -360°	Decoloración total.

ceso, manteniéndose constante mientras continuaba cualquier cambio apreciable.

c) *Resultados obtenidos*

1) *Fluorita.*

Se ha operado con 5 ejemplares de la variedad verde y 5 ejemplares de la variedad violeta. El comportamiento de todos los ejemplares de una misma coloración fue idéntico, obteniéndose los resultados consignados en la tabla I.

2) *Calcita.*

Se empleó la misma técnica que en el caso de la fluorita, pero, dada la mayor complejidad de los fenómenos observados, se utilizó exclusivamente el ritmo lento. Operamos con los ejemplares núm. 49, de intenso color acaramelado transparente; núm. 116, completamente negro y opaco, y núm. 62, del que se escogieron las zonas incoloras y transparentes. Se obtuvieron los resultados indicados en la tabla II.

TABLA II

Acaramelada (ejemplar núm. 49)		
72 ^o	280 ^o	No se aprecia fenómeno alguno.
144 ^o	330 ^o	Id.
210 ^o	360 ^o	Pierde transparencia; se oscurece el color.
282 ^o	390 ^o	Más oscuro. Pequeñas zonas casi negras.
354 ^o	420 ^o	Se acentúan los caracteres anteriores.
426 ^o	450 ^o	Id.
498 ^o	490 ^o	Zonas completamente negras.
570 ^o	520 ^o	Casi todo negro.
642 ^o	580 ^o	Todo negro.
714 ^o	600 ^o	Empiezan a aparecer zonas blancas.
786 ^o	640 ^o	Totalmente blanco en superficie (interior negro).
882 ^o	640 ^o	Toda la masa blanca.
Negra (ejemplar núm. 116)		
72 ^o	280 ^o	No se aprecia fenómeno alguno.
714 ^o	600 ^o	Empiezan a aparecer zonas blancas.
786 ^o	640 ^o	Totalmente blanco en superficie (interior negro).
882 ^o	640 ^o	Toda la masa blanca.
Incolora transparente (ejemplar núm. 62)		
72 ^o	280 ^o	No se aprecia fenómeno alguno.
714 ^o	600 ^o	Aparecen zonas blancas opacas.
786 ^o	640 ^o	Totalmente blanco.

B) ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

a) *Generalidades*

Como es bien sabido, el análisis térmico diferencial de una cierta sustancia («specimen», «sample», «test sample»), se basa en aumentar progresivamente la temperatura del ambiente en donde se halla colocada y analizar las transformaciones endotérmicas o exotérmicas de la misma, por comparación con una sustancia inerte («reference sample», «standard», «inert») colocada en el mismo ambiente.

La aplicación del método a la investigación mineralógica ha ido en progresivo aumento, poseyéndose cada vez una mayor documentación sobre sus vastas posibilidades (4) (5) (6) (7) (8). En la actualidad podemos considerarlo como un complemento muy útil del análisis roentgenográfico.

b) *Técnica utilizada*

Se ha utilizado un horno vertical cuyo hogar mide 300 mm. de longitud y 30 mm. de diámetro. La sustancia y el material inerte se colocaron en su interior mediante dos canchales de níquel hemcilíndricos de 24 mm. de altura. El progresivo aumento de la temperatura se reguló mediante una batería de reostatos.

La parte sensible la constituyeron dos termopares Pt-PtRo, opuestos, introducidos respectivamente en la muestra y en el inerte.

La elevación de la temperatura se llevó a cabo a un ritmo de 12° C/minuto. La máxima temperatura que puede alcanzar el horno es de 1.000° C.

Como materia inerte se ha utilizado alúmina calcinada.

c) *Resultados obtenidos*

1) *Fluorita.*

Se ha experimentado con ejemplares de color verde fuerte (núm. 51 B), verde pálido (núm. 101), violeta (núm. 145) y blanco (núm. 55, zona blanca). Entre la temperatura ambiente y 1.000° C no se produce en ninguno de ellos la menor transformación endotérmica ni exotérmica.

Con el fin de comparar estos resultados se repitió el tratamiento con un ejemplar extraordinariamente verde procedente del Perú (núm. 8.099, del Museo Municipal de Geología de Barcelona), y con un ejemplar extraordi-

nariamente violeta, procedente de Saint Jacques d'Arabury (Dôme, Francia) (núm. S.110 del citado Museo). Se obtuvo el mismo resultado que con los ejemplares de Mina Berta.

2) *Calcita.*

Se efectuó el análisis térmico diferencial de los ejemplares núm. 49 (acaramelada) núm. 66 (blanca) y núm. 116 (negra), obteniéndose los resultados contenidos en la tabla III, y representados en las figuras números 1, 2 y 3.

TABLE III

Núm. 49: Calcita acaramelada; figura 1

Máximo endotérmico: Inicio: 730° C; fin: > 1.000° C.
Máximo: 965° C.
Anchura base («peak width»): 295° C.
Altura («peak height»): 535 u. g.
Disimetría («slope ratio»): 1,1.

Núm. 66: Calcita blanca; figura 2

Máximo endotérmico: Inicio: 730° C; fin: > 1.000° C.
Máximo: 984° C.
Anchura base: 300° C.
Altura: 460 u. g.
Disimetría: 2.

Núm. 116: Calcita negra; figura 3

Máximo exotérmico: Inicio: 400° C; fin: 480° C.
Máximo: 438° C.
Anchura base: 80° C.
Altura: 40 u. g.
Disimetría: 0,8.

Máximo endotérmico: Inicio: 760° C; fin: > 1.000° C.
Máximo: 920° C.
Anchura base: 200° C.
Altura: 400 u. g.
Disimetría: 1,85.

C) DECREPITOMETRÍA

a) *Generalidades*

Cuando se produce la cristalización de un mineral, quedan en su interior microinclusiones de las aguas madres. Las minúsculas cavidades se ha-

llan, en un principio, totalmente llenas por la fase líquida. Luego, a medida que va descendiendo la temperatura, el líquido se contrae, apareciendo una fase gaseosa.

Si calentamos experimentalmente el mineral, en el momento en que se alcance la temperatura de cristalización, la fase líquida llenará nuevamente todo el espacio de las microcavidades. Por lo tanto, si observamos una sección delgada del mismo mediante un microscopio con platina calentable, lograremos averiguar su temperatura de formación (9) (10) (11).

Como la aplicación del método anterior choca, en la práctica, con algunas dificultades, ha adquirido notable importancia el método basado en la detección acústica (12): la decrepitometría. En efecto, al aumentar la temperatura aumenta la presión en el interior de las inclusiones y comienzan a reventar las más superficiales (decrepitación). Se produce un número más o menos constante de ruidos por unidad de tiempo.

Si se sigue aumentando la temperatura, al momento en que se alcanza la de cristalización comienzan a reventar todas las inclusiones y se produce un aumento brusco del número de ruidos por unidad de tiempo. Lo único importante es la frecuencia, no la intensidad.

Caso que un mineral presente inclusiones secundarias, se produce un aumento de la frecuencia antes de llegar a la temperatura de cristalización. No obstante, resulta fácil diferenciar las primarias de las secundarias, puesto que sus aumentos de frecuencia se producen a temperaturas y, por lo tanto, a tiempos diferentes. Si coinciden en parte, es preciso estudiar con detalle las inflexiones de la curva.

b) *Técnica utilizada*

Se procedió previamente a fracturar las muestras. Luego, mediante una batería de tamices y un vibrador, se separó la fracción 0,25-2,25 mm.

En el caso de la fluorita dicha fracción fue tratada con ácido clorhídrico diluido, con el fin de eliminar carbonatos. Se lavó con abundante agua destilada y fue secada a baja temperatura (30° C).

Se operó con 1 c. c. de sustancia, que fue introducida en el horno mediante una nave de refractario.

El horno y el reostato Heron fueron los mismo que se utilizaron para los ensayos de decoloración térmica, prescindiéndose únicamente del interruptor Heron por tiempos, inútil en el presente caso.

El control de la temperatura lo llevamos a cabo mediante un termopar Cr/Al.

La detección del ritmo decrepitométrico la realizamos mediante un estetoscopio, cuyo órgano sensible presenta un diámetro de 34,5 mm., con lo cual ajusta con el hogar del horno (35 mm. de diámetro).

c) Resultados obtenidos

1) Fluorita.

Habiéndose empleado el método para averiguar la temperatura de formación de las mineralizaciones, se han utilizado para la experiencia masas espáticas representativas de la fluorita tipo de Mina Berta.

Se ha operado con material proveniente de las bolsas números 8 (planta número 1) y 12 (planta número 2). En la bolsa número 8 la investigación se ha llevado a cabo con fluorita verde, procedente de la zona de contacto con las salbandas, y con fluorita blanca, procedente del núcleo de la mineralización.

Se obtuvieron los resultados indicados en la tabla IV.

TABLA IV

Bolsada núm. 8	Verde	Muestra a	280-290° C
		Muestra b	280-290° C
Bolsada núm. 12	Blanca	Muestra a	285-295° C
		Muestra b	285-295° C
	Blanca	Muestra a	295-300° C
		Muestra b	285-290° C
		Muestra c	285-290° C

Aun cuando algún autor ha hallado temperaturas de formación de la fluorita elevadas (13), se citan en general temperaturas relativamente bajas (14) (15) (16). Las encontradas por nosotros pueden conceptuarse como relativamente altas.

2) Galena.

Se han utilizado tres muestras recogidas en el apartadero de la galena de la sala de triaje, procedentes de la planta núm. 1. Los resultados obtenidos aparecen consignados en la tabla V.

TABLA V

Galena	Curva frecuencia/temperatura	
Planta núm. 1	1.ª inflexión	2.ª inflexión
Muestra a	275-285° C	375-395° C
Muestra b	275-285° C	375-395° C
Muestra c	270-285° C	375-400° C

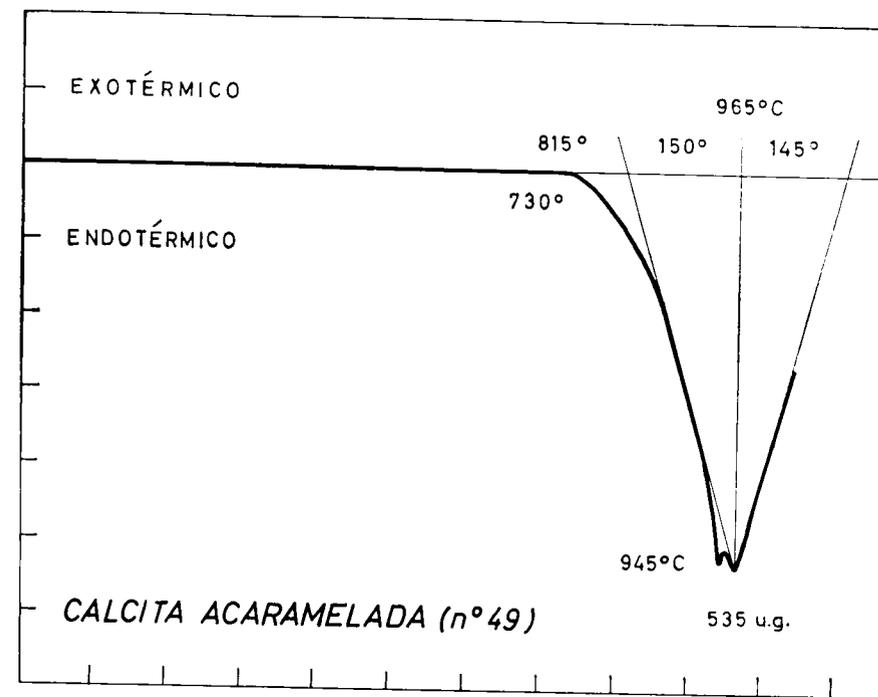


Fig. 1.

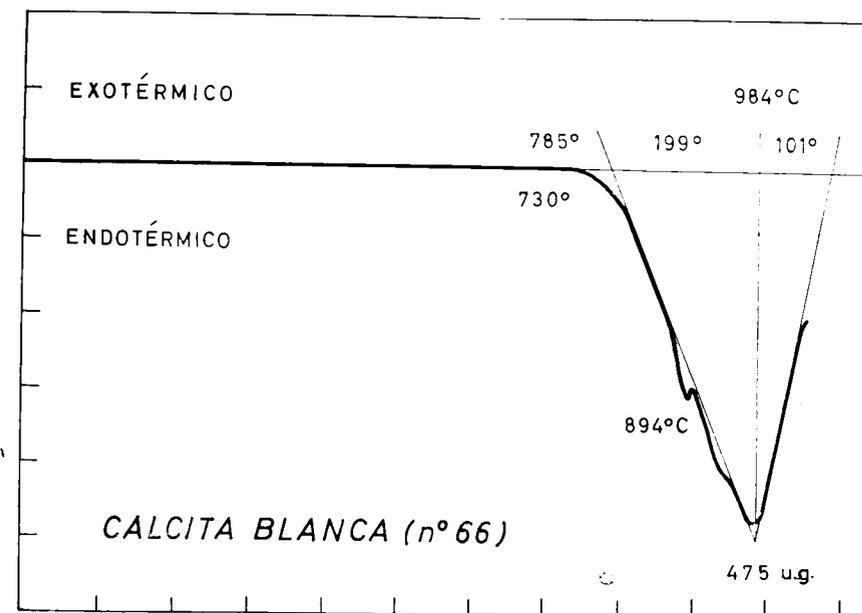


Fig. 2.

La primera inflexión corresponde a inclusiones secundarias y la segunda a las inclusiones primarias.

D) CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

a) Contribución al conocimiento de las causas de la coloración de la fluorita

De entre los colores que han sido citados en la fluorita, los ejemplares del yacimiento en estudio ofrecen los siguientes: blanco, grisáceo, ligero tinte violáceo, violeta, verdoso y verde. Se han descrito los colores azul y rosado (17), pero nosotros no hemos encontrado ningún ejemplar, ni en la mina ni en colección mineralógica alguna.

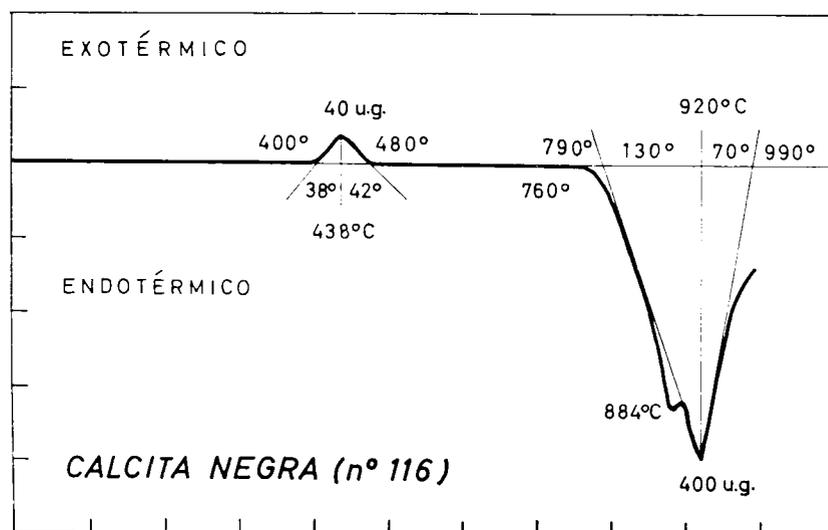


Fig. 3.

Las diversas coloraciones de la fluorita no han podido ser correctamente interpretadas. No pretendemos resolver aquí este problema que viene debatiéndose desde hace largos años, sino simplemente aportar nuevos datos que permitan su mejor conocimiento.

Varios autores han atribuido la decoloración a la presencia de hidrocarburos (18) (19) (20). A nuestro entender éste no puede ser el caso de las fluoritas estudiadas. En primer lugar, durante el proceso de decoloración no hemos percibido el menor olor, contrariamente a lo citado por algunos autores. En segundo lugar, salvo tres pequeños ejemplares de calcita, no hemos encontrado en ninguna muestra de la mina la menor traza de materia orgánica.

Tampoco creemos que la coloración sea debida a inclusiones de fluor libre (20). En efecto, se ha dicho que el olor atribuido a los hidrocarburos era debido precisamente al fluor libre y no a aquéllos: no habiéndose percibido olor alguno, tampoco es este el caso de las fluoritas en estudio.

La existencia de fluoritas completamente incoloras que, por calentamiento desprendían el olor tantas veces citado, hizo pensar que la materia colorante sería de tipo inorgánico (21). Es por ello que hemos investigado si existía correlación entre el color de las distintas variedades de fluorita y los cationes que en ellas se encontraban, cosa que se ha comprobado en algunas especies minerales estudiadas en nuestro país (22) (23) (24) (25). Los estudios espectrográficos realizados por nosotros (26) permiten afirmar que no existe correlación alguna entre los colores y los cationes de impureza.

Aun cuando no hemos podido realizar ninguna investigación en tal sentido, dos hechos de observación parecen apoyar el criterio de que la coloración sea debida a efectos de presión (27): a) El grado de trituración de las masas de fluorita de las bolsas sigue, en general, un valor ascendente en el sentido blanca-verde-violeta. b) Es muy corriente que el núcleo de las bolsas aparezca blanco, mientras que la capa periférica ofrece una coloración verde; disposición que podría ser debida a que la presión ha sufrido una disminución al transmitirse al interior de la masa. La presión podría producir imperfecciones en la red de la fluorita y éstas ser causa de las diferentes coloraciones. El hecho que el análisis térmico diferencial no acuse el menor máximo endotérmico o exotérmico al pasar la temperatura de decoloración, es índice de la poca energía que se moviliza en la transformación.

b) Origen de las coloraciones de la calcita

1) Cambios por tratamiento térmico.

En la tabla 2 puede observarse que en la acaramelada los fenómenos comienzan a 360° C, mientras que en las demás variedades no lo hacen hasta 600° C. De 360° C a 580° C tiene lugar un progresivo ennegrecimiento, que acaba siendo total a la última de las citadas temperaturas. Es por ello que atribuimos el color acaramelado a la presencia de sustancias orgánicas.

A partir de los 600° C los ejemplares de diferentes coloraciones se comportan exactamente igual, quedando todos ellos al final blanco opacos. La transformación es debida a la descomposición de la calcita en anhídrido carbónico y óxido cálcico, el cual queda como pseudomórfico de la calcita, al

mismo tiempo que la materia orgánica es eliminada asimismo en forma de anhídrido carbónico.

El hecho que el negro proveniente de los ejemplares acaramelados y el negro de los ejemplares que lo presentan originariamente desaparezcan a la misma temperatura, induce a suponer que en el segundo caso es debido asimismo a la presencia de materia orgánica.

2) *Análisis térmico diferencial.*

Las variaciones de posición del máximo endotérmico en los tres ejemplares estudiados (núms. 49, 66, 116) (tabla III, figs. 1, 2, 3), caen dentro de los límites observados hasta el presente (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34).

Los pequeños máximos endotérmicos superpuestos al gran máximo general, así como el cambio de pendiente observable en la fig. 3, pueden interpretarse considerando la existencia de dos tipos de calcita: a) Calcita primaria; b) Calcita secundaria (32).

El gran defasaje observable entre los máximos endotérmicos (900-1.000° C) y la temperatura de descomposición hallada por decoloración térmica (600-640° C), es debido a la causa siguiente: en el caso de la decoloración térmica transcurrieron 714 horas hasta el momento en que comenzó la descomposición, continuándose con igual temperatura hasta las 786 horas o las 882 horas, según los casos; en cambio, al efectuar el análisis térmico diferencial se procedió a elevar la temperatura a un ritmo de 12° C/minuto.

El máximo exotérmico de 438° C, que no hemos visto citado en calcita alguna, lo atribuimos a la combustión orgánica. Precisamente alrededor de esta temperatura los ejemplares acaramelados van volviéndose negros, aun cuando no acusen el pequeño máximo exotérmico, lo cual puede ser debido a la poca cantidad de materia orgánica que presentan los acaramelados con respecto a los negros.

c) *Temperaturas de formación del yacimiento*

En el caso de la galena la curva decrepitométrica presenta dos inflexiones, mientras que en el caso de la fluorita presenta una inflexión única. Comparando los resultados obtenidos con ambos minerales, puede observarse que la primera inflexión de la galena (270-285° C) se corresponde con la temperatura de formación de fluorita (280-300° C).

Así pues, la galena se formó en una primera fase (375-400° C), y su primera inflexión decrepitométrica es debida a las inclusiones secundarias en-

gendradas durante una segunda fase, en la que tuvo lugar la formación de la fluorita.

*Sección de Mineralogía General y de Suelos.
Departamento de Barcelona del Instituto de Edafología y Biología Vegetal
Consejo Superior de Investigaciones Científicas*

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MONTORIOL-POUS, J. y FONT-ALTABA, M. (1964). «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», 74, 127.
- (2) KOBELL, FR. v. (1930). «Charakter. d. Miner.», 47.
- (3) DOELTER, C. und LEITMEYER, H. (1931). «Handbuch der Mineralchemie», Theodor Steinkopf Verlag, 4 (3), 228.
- (4) MACKENZIE, R. C. (Ed.) (1957). «The differential thermal investigation of clays», 1 (Thermal methods), 1.
- (5) KERR, P. F., KULP, J. L. and HAMILTON, P. K. (1949). «Prelim. Rep. núm. 3 of Reference clay minerals A. P. I. Research Project», 49. Am. Petrol. Ins.
- (6) LEHEMANN, H., DAS, S. S. and PAETSCH, H. H. (1954). «Tonindustr. Ztg», 1.
- (7) NURSE, R. W. (1954). «Thorpe's Dictionary of Applied Chemistry», 11, 548.
- (8) NELSON, J. B. (1955). «Mon. Bull. Brit. Coal Util. Res. Ass.», 19, 502.
- (9) TWENHOFEL, W. S. (1947). «Economic Geol.», 42, 78.
- (10) INGERSON, E. (1947). «The Am. Mineralogist», 32, 375.
- (11) BAILEY, S. W. (1949). «Journ. of Geol.», 57, 304.
- (12) SCOTT, H. S. (1948). «Econ. Geol.», 43, 637.
- (13) YATES, R. G. and THOMPSON, G. A. (1959). «Prof. Paper U. S. Geol. Survey», 312.
- (14) FREAS, D. H. (1961). «Econ. Geol.», 56, 542.
- (15) WELLER, J. M., GROGAN, R. M. and TIPPIE, F. E. (1952). «Illinois State Geol. Survey», 76.
- (16) PELLETIER, M. (1956). «Pub. Fac. Sci. Univ. Clermont», 2, 93.
- (17) LLORENÇ TOMÁS (1919-20). «Treb. Inst. Cat. Hist. Nat.» (Pub. Inst. de Ciències), 129.
- (18) WYROUBOFF, G. (1867). «Bull. Soc. Chim.», 5, 16.
- (19) KRAATZ-KOSCHLAU, K. «. (1899). «Tsch. min. Mit.», 8, 317.
- (20) HAWKINS, A. C. (1925). «Amer. Min.», 10, 34.
- (21) WEINSCHENK, E. (1896). «Z. anorg. Chem.», 12, 380.
- (22) LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1936). «Bol. de Minas, Met. y Comb.», 31, 399.
- (23) PIÑA DE RUBÍES, S. y LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1937). «An. de la Soc. Esp. de Fis. y Quím.», 35, 180.
- (24) MARÍN, A. y PIÑA DE RUBÍES, S. (1936). «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», 6, 77.
- (25) PIÑA DE RUBÍES, S. y GILA ESTEBAN, F. (1921). «An. Soc. Esp. de Fis. y Quím.», 29, 347.
- (26) MONTORIOL-POUS, J. y FONT-ALTABA, M. (1964). «Not. y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», 74, 61.
- (27) PRZIBRAM, K. (1929). «Sitzber. Wiener Ak.», 34, 138, 263.
- (28) BECK, C. W. (1946). «Thesis. Harvard University».
- (29) GRUVER, R. M. (1948). «J. Amer. ceram. Soc.», 31, 323.

- (30) GRUVER, R. M. (1950). «J. Amer. ceram. Soc.», 33, 171.
 (31) MURRAY, J. A., FISCHER, H. C. and SHADE, R. W. (1950). «D. t. a. of limestones, Paper», 32 Conv. of the National Lime Ass.
 (32) FAUST, G. T. (1950). «Amer. Min.», 35, 207.
 (33) KULP, J. L., KENT, P. and KERR, P. F. (1951). «Amer. Min.», 36, 643.
 (34) HOWIE, T. V. and LAKIN, J. R. (1947). «Trans. Brit. Ceram. Soc.», 46, 14.

Recibido el 7-IV-1964.

M. CRUSAFONT PAIRO

LOS MAMIFEROS, Y EN ESPECIAL LOS PRIMATES DEL EOCENO PREPIRENAICO

YACIMIENTOS DE MONTLLOBAR, serie inferior (Coll de Montllobar)
(Zona de Cuis = «Ipresiense superior»)

Las capas inferiores continentales de la serie de Montllobar inmediatamente superpuestas a las capas marinas del «Ilerdiense» de Hottinger y Schaub con *Ostraca*, pudiera pertenecer a la llamada «zona de Cuis» equivalente, según Thaler en su ensayo de zonación del Terciario continental, al Ipresiense superior. De estos niveles señalamos únicamente la siguiente especie:

CONDILARTROS:

Phanacodus villaltae Crus. (Crus 1956)

YACIMIENTOS DE MONTLLOBAR, serie superior (Torre de Montllobar,
Sobrenoguera, etc.)

(Zonas de Argenton y de Issel = «Luteciense inf. medio y sup.»)

Los estratos superiores de la serie de Montllobar, que han dado en conjunto una fauna de Mamíferos del tipo de Egerckingen, pueden agrupar la dos zonas indicadas y abarcar todo el Luteciense con un espesor de alrededor de 400 metros en su parte más potente. En todo caso, los endemismos señalados por la presencia de dos Condilartros y de un *Paramys* quedan concluyentes, puesto que se trata de reliquias de faunas cronológicamente anteriores. La lista de las formas queda en la actualidad establecida como sigue:

ROEDORES:

Paramys sp. (sp. 3 de Michaux). (Crusafont, 1957; Michaux, 1964)

CONDILARTROS:

Almogaver condali Crus. et Vill. (Crus. et Vill. 1954-5)
Phanacodus cfr. *teihardi* Simps. (Crus. 1957)

PERISODÁCTILOS:

<i>Lophiodon lepterhynchus</i> Dep.	(Inéd.)
<i>Lophiodon</i> sp. (gran talla).	(Inéd.)
<i>Lophiaspis occitanicus</i> (Cuv.).	(Crus., Vill. y Truy., 1954)
<i>Chasmotherium minimum</i> (Fisch.).	(Crus., Vill. y Truy., 1954)
<i>Anchilophus depereti</i> Stehl.	(Crus., Vill. y Truy., 1954)
<i>Anchilopus simpsoni</i> nova sp. in-litt.	(Inéd.)

ARTIODÁCTILOS:

<i>Dacrytherium</i> sp.	(Crus., Vill. y Truy., 1954)
<i>Haplomodon solodurensis</i> Stehl.	(Crus., Vill. y Truy., 1954)

La fauna de Vertebrados de estos niveles comprende además numerosos Quelonios (*Trionyx* y otros géneros indeterminados), y Crocodílidos (? *Arambourgia* y otros).

YACIMIENTO DE CAPELLA (Minas de lignito)

(Zona de Castres (?) = «Luteciense terminal» y «Bartoniense inferior»)

Las faunas procedentes de este yacimiento consideradas hasta aquí como sincrónicas de las de Montllobar (aparte de lo dicho acerca de lo comprensivo de la serie superior de la zona indicada anteriormente) superiores, se atribuyen con reservas a la zona de Castres tomando como referencia, de acuerdo con Thaler (1964), la presencia del *Lophiodon rhinocrodes*. La lista de las formas de este yacimiento ha aumentado en relación con nuestros trabajos anteriores, pero las especies que se añaden son todavía inéditas.

PERISODÁCTILOS:

<i>Anchilophus desmaresti</i> Gerv.	(Inéd.)
<i>Pachynolophus</i> , cfr. <i>dumasi</i> (Gerv.).	(Inéd.)

ARTIODÁCTILOS:

<i>Lophiodon rhinocrodes</i> Rut.	(Crus., 1958)
? <i>Pseudamphimerus</i> sp.	(Inéd.)
<i>Cebochoerus suillus</i> Stehl.	(Crus., 1958)

CREODONTOS:

Creodonto indeterminado.

PRIMATES:

<i>Adapis priscus</i> Stehl.	(Crus., 1958)
<i>Pseudoloris</i> (o género afin) nova sp. Crus.	(Inéd.)
Primate indet.	

Además de las especies indicadas se encuentran en el yacimiento de Capella numerosos restos de otros Vertebrados, singularmente de Crocodílidos de diversa talla (*Arambourgia* (?) y otros), y de Quelonios (*Trionyx* y otros géneros indeterminados).

*Primates**Adapis priscus* Stehl.

Esta especie fue ya descrita con anterioridad (Crusafont, 1958) y está basada en un fragmento de mandíbula izquierda con I2, P1, P2, P3, P4, M1, M2 y M3. El total de esta serie mide 30,5 mm. Anteriormente sólo se conocía del yacimiento de Egerkingen. Es posible que la dentición superior nos pudiera demostrar tratarse de una mutación ascendente de la forma-tipo.

Pseudoloris (o género afin) nova sp.

Esta nueva forma de Primate del yacimiento de Capella muestra afinidades considerables con el *Pseudoloris parvulus* (Filhol) del «Ludiense» (zona de Euzet), pero presenta, además de una talla considerablemente menor, caracteres más primitivos. El hallazgo se basa en un fragmento de mandíbula izquierda con P3, P4, M1, M2 y el M3 algo fragmentado. La longitud total de la serie P3-M3 sería alrededor de 6,5 mm.

YACIMIENTO DE LAGUARRES (Mina de lignito)

(Zona de Castres (?) = «Luteciense terminal» o «Bartoniense inferior»)

Este yacimiento, descubierto por L. Hartenberger en sus campañas de exploración por el Eoceno prepirenaico en colaboración con el Museo de Sabadell y Universidad de Barcelona, se halla situado a cuatro kilómetros al sur del pueblo de Laguarres. Por el método de lavado y tamizado se obtuvieron de las margas que recubren los lignitos, algunas piezas atribuidas a roedores, insectívoros y algún Didélfido. Su estudio se dará a conocer próximamente. El nivel se supone ser el mismo que el del yacimiento anterior.

YACIMIENTO DE SOSIS (Minas de lignito)

(Zona de Euzet = «Ludiense»)

Los yacimientos citados hasta aquí se hallan situados en las capas eocénicas anteriores a la discordancia producida por la orogénesis pirenaica. El de Sosis, en cambio, se halla en las capas más inferiores afectadas por la dis-

cordancia postpirenaica. Es el que ha acaparado de manera más intensa nuestra atención desde el trabajo que hemos citado al empezar esta nota. Posteriormente al mismo, a las dos especies conocidas hasta entonces del yacimiento, se añadió inmediatamente la forma *Plagiolophus annectens* Owen (Crusafont, Hartenberger y Thaler, 1963), y desde esta última nota ha aumentado la lista de una manera progresiva, en primer lugar por las determinaciones de los roedores del yacimiento por parte de Thaler en su tesis (1964) y por una serie de especies inéditas, determinadas provisionalmente algunas de ellas, por el firmante del presente trabajo, según se señalará en la lista que se incluye a continuación:

INSECTÍVOROS:

Insectívoro indet. (especie I).	(Inéd.)
Insectívoro indet. (especie II).	(Inéd.)

ROEDORES:

<i>Adelomys (Succosciurus)</i> sp.	(Thaler, 1964)
<i>Adelomys (Paradeiomys) crusafonti</i> Thal.	(Thaler, 1964)
<i>Adelomys (Sosimys) pyrenaicus</i> Thal.	(Thaler, 1964)
<i>Adelomys</i> (subgén. ind.) <i>ibericus</i> Thal.	(Thaler, 1964)
<i>Isopthyclus (Isopthyclus)</i> , cfr. <i>euzetensis</i> (Dep.).	(Thaler, 1964)
<i>Pseudoltinomys</i> sp. I.	(Thaler, 1964)
<i>Gliracrus</i> cfr. <i>priscus</i> Stehl. et Schaub.	(Thaler, 1964)

CREODONTOS:

<i>Hyaenodon</i> sp.	(Inéd.)
<i>Miacis exilis</i> (Filh.).	(Inéd.)

PERISODÁCTILOS:

<i>Palaeotherium magnum</i> Cuv.	(Crus. y Truy., 1964)
<i>Palaeotherium medium</i> Cuv.	(Inéd.)
<i>Plagiolophus annectens</i> Owen.	(Crus., Hart. y Thal., 1963)

ARTIODÁCTILOS:

<i>Dichodon cervinum</i> Owen.	(Inéd.)
<i>Leptotheridium lugeni</i> Stehl.	(Inéd.)
<i>Haplomeryx euzetensis</i> Dep.	(Inéd.)
<i>Xiphodon intermedius</i> Stehl.	(Inéd.)
<i>Dacrytherium oxinum</i> Owen.	(Inéd.)

PRIMATES:

<i>Pseudoloris parvulus</i> (Filh.).	(Inéd.)
<i>Necrolemur antiquus</i> (Filh.).	(Inéd.)
<i>Microchoerus erinaceus</i> Wood.	(Inéd.)

De acuerdo con esta lista de 22 formas, que va acrecentándose rápidamente con las exploraciones llevadas a cabo en estos últimos años, el yacimiento de Sosis es el más abundante en especies del Eoceno español. La fauna de Vertebrados acompañante comprende algunos restos de Quelonios del género *Trionyx* y otros, y de Crocodilidos varios.

*Primates**Pseudoloris parvulus* (Filloh)

La presente especie se halla representada en Sosis por un fragmento de mandíbula derecha con el P4, M1, M2 y el M3. La serie P4-M3 mide alrededor de 6 mm. El hallazgo de esta forma es el primero que tiene lugar en un yacimiento estratificado, lo que nos permite colocarla en el «Ludiense» o zona de Euzet, lo que ha sido confirmado posteriormente a nuestros hallazgos por el descubrimiento de la especie, precisamente en la localidad típica de la zona a que nos referimos, o sea, en el yacimiento de Euzet-les-Bains, gracias a las nuevas excavaciones practicadas últimamente por la Universidad de Montpellier, bajo la dirección del Dr. Thaler. Más tarde, con motivo de una reciente visita a Bristol, hemos sabido del hallazgo de esta misma forma por Mr. Croy en el Eoceno superior de la isla de Wight y del Hampshire.

La especie tipo había sido descrita por Filhol en 1889 colocándola en el género *Necrolemur*, hasta que Stehlin creó para ella un nuevo género *Pseudoloris*, que separó de los Lemúridos, y quiso indicar quizás con el nuevo nombre genérico algunas afinidades con los Lorisidos. Teilhard de Chardin, en 1921, estudió de nuevo esta forma, originariamente procedente de las Fosforitas del Quercy, y estableció sus relaciones con los Társideos, tal como parece admitirse en la actualidad. La serie dentaria descubierta en Sosis presenta los caracteres de las piezas inferiores de las series estudiadas por Filhol, Stehlin y Teilhard.

Necrolemur antiquus (Filloh)

De esta especie, el yacimiento de Sosis nos ha proporcionado hasta el presente dos fragmentos de maxilares izquierdos, uno de ellos con P3-M2 y alvéolo del M3, y otro con la serie M1-M3. La longitud de P3 a M2 en el

primero de los citados ejemplares es alrededor de unos 13,8 mm. , y la de M1 a M3 en el segundo, de unos 8 mm. De acuerdo con los puntos de vista de Teilhard acerca de la variabilidad en tamaño del M3 inferior, los dos ejemplares objeto de nuestra atención en esta nota presentan un desarrollo muy distinto en cuanto al M3 superior.

Microchoerus erinaceus Wood

La tercera de las especies de pequeños Primates halladas en el yacimiento de Sosis está representada por un fragmento de mandíbula, que presenta la serie completa desde P2 hasta M3 con las piezas en excelente estado de conservación, y con reservas por un fragmento de maxilar conteniendo M1 y M2. La serie de P2 a M3 inferior mide alrededor de 17 mm., y la longitud M1-M2 superior es de unos 6,5 mm. De acuerdo con el estudio realizado por Teilhard sobre diversos ejemplares de *Microchoerus* de los Fosforitas de Quercy, no es posible mantener la existencia de las dos especies distintas: *M. erinaceus*, descrita por Wood del Eoceno superior del Hampshire, y *M. edwardsi* (Filhol), de las Fosforitas y del yacimiento de Euzet, tal como propugnaba Deperet y que había contradicho ya Stehlin. Por este motivo, la especie que tiene prioridad es la de Wood, que fue descrita en 1884 del yacimiento de Hordwell.

* * *

Las diversas especies de Primates inferiores, de las cuales se ha hablado sumariamente en esta nota preliminar, serán descritas en detalle en un estudio, que está en vías de realización por parte del firmante, en comparación con diversos ejemplares procedentes del Eoceno ultrapirenaico descubiertos recientemente y que me han sido confiados amablemente para su descripción por mi querido colega el Dr. Thaler de la Universidad de Montpellier. Así, en esta nota, hemos tenido la oportunidad de realizar una puesta al día de las especies de Mamíferos fósiles de las diversas zonas del Eoceno prepirenaico español y de citar las distintas formas de Primates inferiores en ellas encontradas.

BIBLIOGRAFÍA

- DEPERET, CH. (1917): *Monographie de la faune de Mammifères fossiles du Ludien inférieur d'Euzet-les-Bains (Gard)*. «Ann. Univ. Lyon. Nouv. Sér.». I. Fasc. 40 Lyon-Paris.
- CRUSAFONT, M. y VILLALTA, J. F. DE (1954): «*Almogaver*», un nuevo primate del Eoceno pirenaico. «Estud. Geol.», Núm. 22. Madrid.
- — — (1955): *Sobre la verdadera situación sistemática del género «Almogaver»*. «Estud. Geol.», Núm. 26. Madrid.

- CRUSAFONT, M., VILLALTA, J. y TRUYOLS, J. (1954): *Caractérisation de l'Eocène continental au bassin de Tremp (Lérida, Espagne)*. «C. R. Som. Soc. Geol. France». Núm. 13. Paris.
- CRUSAFONT, M. (1956): *Otro nuevo Condilartro del Luteciense pirenaico*. «Boll. Soc. Geol. Ital.». Vol. LXXV. Roma.
- CRUSAFONT, M., VILLALTA, J. y TRUYOLS, J. (1956): *Caracterización del Eoceno continental en la cuenca de Tremp y edad de la orogénesis pirenaica*. «Actes II Cong. Int. Etud. Pyre; n.». Luchon-Pau. T. II. Sect. I. Toulouse.
- CRUSAFONT, M. (1957): *Adición a los mamíferos fósiles del Luteciense de Montllobar (Tremp)*. «Curs. y Conf. Inst. Luc. Mall.». Fasc. IV. Madrid.
- — (1958): *Los mamíferos del Luteciense superior de Capella (Huesca)*. NOT. Y COM. INST. GEOL. Y MIN. ESP. Núm. 50. Madrid.
- — (1962): *Naissance et mort des phyla en Espagne (Mammalia)*. «Coll. du C. N. R. S.». Núm. 104. Paris.
- — (1961): *Traits endémiques chez les faunes de Mammifères du Lutétien d'Espagne*. Symp. sur les Mam. primitifs. Intern. Coll. Evol. of Mammals. «Nou. Vlaamse Acad.». Bruselas (Part. 1).
- CRUSAFONT, M., HARTENBERGER, J. L. et THALER, L. (1963): *Sur des nouveaux restes de Mammifères du gisement eocène supérieur de Sosis, au nord de Tremp (Lérida, Espagne)*. «C. R., Acad. Sc. Paris». T. CCLVII. Paris.
- CRUSAFONT, M. et TRUYOLS, J. (1964): *Les Mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du bassin de l'Èbre (Espagne)*. Coll. sur le Paléogène. Bordeaux, Sept. 1962. «Mem. Bur. Rech. Géol. et Min.». Núm. 28. Paris.
- THALER, L. (1964): *Les Rongeurs fossiles du bas Languedoc. Rapports avec l'histoire des faunes et la Stratigraphie du Tertiaire d'Europe (Thèse)* (sous-presses)
- STEHLIN, H. G. (1912): *Die Säugetiere des schweizerischen Eocäns. Critischer Catalog der Materialien*. Teil III. «Abh. der schweiz. päläontol. Gesells.». Vol. XXXVIII. Zürich
- TEILHARD DE CHARDIN, P. (1921): *Sur quelques Primates des Phosphorites du Quercy*. «Ann. Paleont.». Tome X. Paris.

Recibido el 9-XII-1964.

JOSE SUAREZ FEITO

APLICACION DE LOS ISOTOPOS RADIATIVOS
EN EL ESTUDIO SOBRE AGUAS Y EN LA
INDUSTRIA DEL PETROLEO

R E S U M E N

En este estudio se reúnen las principales aplicaciones de los isótopos radiactivos en los problemas relativos a aguas, en general, así como en las distintas fases de la industria del petróleo, que comprenden su prospección, producción, refinó y transporte.

R É S U M É

Dans ce travail, nous faisons rapport des principaux applications des radioéléments dans l'étude des eaux, en general, et dans l'industrie du pétrol, faites aux différents stades de prospection, production, raffinage et transport.

A B S T R A C T

in this work, it is presented the main applications of radioactive isotopes in the study of waters, in general, and in some stages of petroleum industry, such as prospection, production, refining and transport.

UTILIZACIÓN DE LOS ISÓTOPOS RADIATIVOS EN LOS ESTUDIOS SOBRE AGUAS

El empleo de los isótopos radiactivos en las cuestiones relativas a aguas es amplio y variado. Este compuesto que se encuentra en nuestro planeta en los tres estados, sólido, líquido y gaseoso, así como en grados de pureza muy variable, se hace imprescindible estudiarlo en multitud de casos en los que su localización y movimiento es fundamental para la realización de gran número de proyectos. Por esta razón, desde hace mucho tiempo, se vienen ideando procedimientos para medir su caudal y velocidad, así como para estudiar de la manera más exacta posible su curso.

Para determinar el desplazamiento del agua en un medio filtrante, descubrir una red acuífera, calcular su velocidad en una canalización, conocer

los aportes exteriores en una zona receptora y apreciar la variación de nivel del líquido de un depósito, se han ideado numerosas técnicas que no siempre han dado resultados aceptables y que, en muchas ocasiones, son de aplicación complicada y difícil.

Se conoce, por ejemplo, el método que permite estudiar un manto subterráneo mediante el empleo de pozos de observación debidamente dispuestos alrededor de un pozo central, donde se efectúan los bombeos experimentales y en el que, al mismo tiempo, se introduce una solución salina o de fluoresceína para seguir su difusión en el citado manto.

Cuando realizamos esto último, decimos que hemos empleado indicadores, es decir, cuerpos que, o bien disueltos o en suspensión en el agua, siguen sus desplazamientos y que mediante su análisis químico o colorimétrico o por simple observación, permiten descubrir el curso del agua, calcular su velocidad o determinar su nivel.

A continuación vamos a enumerar solamente los principales métodos empleados, así como los reactivos que se utilizan, deteniéndonos especialmente en el de la medida de la radiactividad.

Colorimetría y fluorescencia.

Se suelen usar como colorantes las sales de cromo solubles, la fluoresceína, la eosina, el rojo congo, etc.

Fotometría de llama.

Se emplean sales de litio solubles.

Análisis químico.

Se utilizan el yoduro de sodio, los cloruros de sodio y calcio, el sulfato de cobre, el bórax, el nitrito de sodio, el almidón, el bicromato de sodio, etcétera.

Medida de la conductividad.

Son de uso común los electrolitos fuertes, tales como el cloruro sódico.

Antes de emplear cualquier indicador habrá que estudiar si su comportamiento en el proceso de que se trate, no interfiere alterando las propiedades de los otros elementos o compuestos. Así, por ejemplo, si se trata de determinar el movimiento del agua a través de un macizo filtrante, habrá que tener en cuenta que algunos cationes como el sodio o el calcio pueden ser

adsorbidos por las arcillas, lo que también puede acontecer a la fluoresceína. Este compuesto puede sufrir alteración, asimismo, con las aguas ácidas y ricas en anhídrido carbónico.

Medida de la radiactividad.

Se pueden utilizar emisores beta, o bien emisores beta y gamma. La elección del isótopo radiactivo se hará de acuerdo con el problema que trata de resolver.

Así, cuando se desea determinar el nivel de un líquido a través de una pared gruesa, se elige un emisor gamma, y cuando se trata de un análisis directo sobre el agua, se puede usar un emisor beta.

A continuación damos una relación de los principales radioisótopos empleados.

Emisores beta y gamma:

	<i>Período de semidesintegración</i>
Sodio-24	15 horas
Bromo-82	36 »
Yodo-131	8 días
Bario-140	12 »
Rubidio-86	19,5 »
Hierro-59	46,3 »
Cobalto-60	5,2 años

Emisores beta:

Fósforo-32	14,3 días
Estroncio-89	53 »
Azufre-35	87 »
Calcio-45	164 »
Tritio	12,5 años
Estroncio-90	28 »
Carbono-14	5700 »

Todas las observaciones hechas anteriormente para los indicadores convencionales en relación con el riesgo de adsorción, se pueden aplicar a los indicadores radiactivos.

Así, algunos de ellos son cationes que no se pueden utilizar en terren-

margosos o arcillosos. Otros, se combinan con elementos disueltos o en suspensión en el agua y pueden escapar a observaciones ulteriores por floculación y decantación, como es el caso de las aguas ricas en materias orgánicas.

El empleo del sodio, bario, rubidio, calcio y estroncio, se debe limitar a las aguas relativamente puras, que circulan en terrenos o estructuras que no dan lugar a ninguna adsorción.

El empleo del hierro deberá evitarse cuando exista posibilidad de que se oxiden las sales ferrosas solubles a sales férricas insolubles. Lo mismo hay que decir del uso del bario en el caso de aguas que contengan el ión SO_4^{2-} , o con posibilidad de que se forme (SH_2) , etc.).

Por el contrario, estos cationes podrían utilizarse en un medio acuífero constituido por gravas y arenas silíceas.

Puede ser interesante el empleo de isótopos radiactivos de un periodo de semidesintegración corto cuando no se desea contaminar las aguas, como en el caso de que se usen para la bebida, pero también son muy útiles los de periodo largo, como en algunas ocasiones en que el curso del agua es muy lento y al mismo tiempo es preciso operar sobre grandes distancias.

Los isótopos que se enumeran a continuación cubren la mayor parte de las necesidades que se pueden presentar.

El bromo-82, con su periodo de semidesintegración de treinta y seis horas, es de aplicación para distancias cortas y para canalizaciones de circulación rápida.

El yodo-131, con un semiperiodo de ocho días, se utiliza en corrientes de velocidad reducida y longitudes no elevadas.

El tritio, con 12.5 años de semiperiodo, se emplea para velocidades pequeñas y largas longitudes.

Cada uno de estos tres isótopos tiene características y ventajas propias.

El yodo-131, en especial, permite hacer las observaciones y medidas con una sensibilidad muy grande. El tritio, como elemento constitutivo del agua, aunque en muy pequeña cantidad, no corre el riesgo de ser adsorbido, propiedad que también presentan en escasa extensión los dos restantes.

A continuación vamos a indicar los métodos operativos que se emplean.

Método de transferencia.

Es especialmente útil para determinar el caudal de un río o de un canal de sección relativamente constante.

En el punto A (fig. 1) se introduce un volumen determinado de una disolución en el instante t_0 y en un tiempo tan corto como sea posible.

A una distancia d del punto anterior aguas abajo en B, se anota el tiempo que tarda en aparecer la sal.

Si la sección del canal es S en metros cuadrados, d la distancia en metros y t y t_0 los tiempos en segundos, el caudal vendrá dado por la expresión

$$Q \text{ (m}^3 \text{ s)} = \frac{S \cdot d}{t - t_0}$$

La determinación de t deberá hacerse de la manera más exacta posible. Para ello, se registra en B la variación de la salinidad del agua en función del tiempo (por ejemplo, por conductividad, si se trata de ClNa). Se obtiene al operar así (fig. 2) una curva en forma de campana, que es práctico trans-

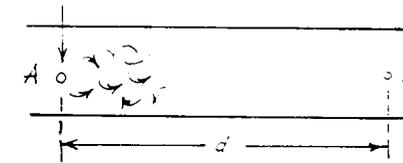


Fig. 1.

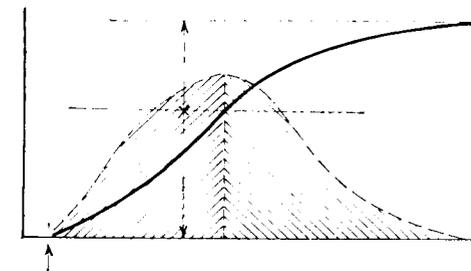


Fig. 2.

formar en la curva de los valores acumulados. Ambos están representados en la figura, respectivamente, por una línea de trazos y de trazo continuo. La curva de los valores acumulados tiende hacia la horizontal, y tomando el punto correspondiente a la mitad de la altura, se determina con bastante exactitud el tiempo t , cuya ordenada divide el área de la curva en forma de campana en dos partes iguales.

Método de dilución.

Este procedimiento es adecuado para los cursos de agua de sección irregular, en los cuales no es de aplicación lo dicho anteriormente.

En este caso, se introduce la disolución salina en A de una manera continua, con una concentración conocida C y con un caudal q .

El punto A se debe elegir inmediatamente aguas arriba de una zona de turbulencia. Se suspende la adición de la disolución en A cuando se observa en el punto de detección B una concentración constante C.

En este procedimiento en el que no intervienen ni el tiempo ni la variación de la sección de la corriente, el caudal viene dado por la fórmula aproximada

$$Q = \frac{q C}{c}$$

Este método exige una mezcla rápida y perfecta en el mayor grado posible de la disolución salina con el agua del río. Su inconveniente principal es que, pese a todas las precauciones que se toman, no se pueden referir las medidas más que a un filete de agua, cuya concentración se aparta más o menos de la media. Por otra parte, el consumo de sal puede ser elevado en algunos casos.

Método de integración.

Es una variante del procedimiento de disolución que acabamos de exponer.

En este caso (fig. 3), se introduce en A, una cantidad conocida R de sal, sin tener en cuenta ni el caudal ni el tiempo en que se realiza la adición.

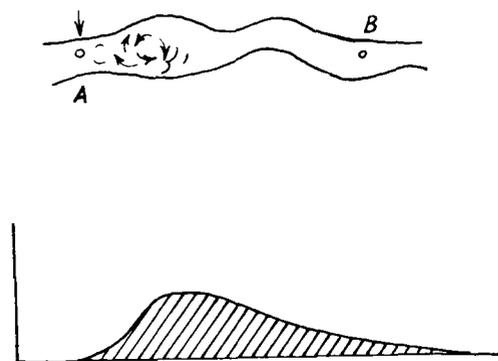


Fig. 3.

Se traza después la curva de variación de la concentración C observada en B y se mide el área abarcada por dicha curva, que representa la masa de agua afectada por el vertido de R en A.

La fórmula que da el caudal es:

$$Q = \frac{R}{\int_0^{\infty} c dt}$$

No es preciso conocer el volumen de agua, ni la sección de la corriente entre A y B, como en el método de transferencia, ni la forma de introducción de R, pero es necesario que haya suficiente turbulencia entre A y B para obtener una buena dilución.

La traducción de estos métodos al empleo de isótopos radiactivos es sencilla. El desarrollo de su utilización se justifica por el hecho de que desaparecen el riesgo de alteración de las sustancias empleadas, decoloración, modificación de la estructura o descomposición, combinación de cuerpos disueltos o en suspensión en el agua, adsorción sobre las paredes del circuito estudiado, destrucción por el calor, etc.

En general, es el método de integración el que se adopta para el empleo de los radioisótopos, advirtiéndose que para los de período corto o para un tiempo de observación relativamente largo con relación a dicho período, habrá que tener en cuenta la disminución de la actividad con el tiempo, cuando se mida aquélla con el contador.

Es evidente que si se producen fenómenos de adsorción, sus efectos serán más sensibles en el caso de utilizar indicadores radiactivos por las pequeñas cantidades de éstos que se emplean, que cuando se usan indicadores convencionales.

En todo caso, se puede añadir siempre al radioelemento una proporción más o menos grande del isótopo natural no radiactivo, habida cuenta de que la adsorción actúa de igual forma sobre los dos elementos, por lo cual es necesario prever su adsorción con cuerpos que no reaccionan en el terreno o con las materias disueltas o en suspensión en el agua. Estos cuerpos son los denominados portadores.

Si se elige un elemento radiactivo de período de semidesintegración adecuado, se pueden resolver todos los problemas que se presentan en Hidrología, en la explotación de instalaciones de distribución y tratamiento, redes de saneamiento, etc.

Repitamos una vez más por ser un hecho que hay que tener en cuenta, que la radiactividad se reduce a la mitad durante el tiempo correspondiente al período de semidesintegración del elemento de que se trate. Si denominamos a este período T, la disminución de la actividad en función del tiempo t, viene dada por la fórmula

$$A = A_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

en la cual A_0 es la actividad medida en el momento inicial $t = 0$.

Como es sabido, la actividad se expresa en curios o en su submúltiplo milicurios. El curio corresponde a 3.7×10^{10} desintegraciones por segundo.

En las aplicaciones de los isótopos radiactivos a los estudios de aguas,

hay que tener muy en cuenta el factor seguridad. En principio, se puede admitir que la radiactividad tolerable en las aguas de bebida, oscila entre 10^{-7} y 10^{-8} microcurios, por centímetro cúbico. Por ello, en el caso de que se investiguen aguas para el suministro a poblaciones, deberán utilizarse isótopos radiactivos, que después de la dilución no manifiesten una actividad superior a este límite. De todas formas, la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones fija en sus distintas reuniones las proporciones máximas de cada isótopo radiactivo, que no pueden sobrepasarse en ningún caso.

La determinación del caudal no es la única aplicación de los radioelementos en los estudios de aguas.

Unos ejemplos muy interesantes los constituyen la determinación del camino seguido por el agua a través de un medio filtrante, y la investigación del origen del agua de una fuente. Estos dos casos son de mucho interés en el estudio del emplazamiento de una central nuclear. Aunque la tecnología en este campo cada vez se perfecciona más, con la consiguiente disminución al mínimo de los riesgos de accidente, siempre es preciso considerar éste en grado máximo para tomar las oportunas medidas de seguridad. Por rotura de la vaina de los elementos combustibles y fugas en los circuitos de conducción del moderador, refrigerante, etc., los productos de fisión pueden ser adsorbidos en el terreno o ir a parar a la red hidrológica de la región con la consiguiente expansión a ríos, canales, etc.

Como esto puede suponer un peligro grave para la población que pudiera estar afectada de una manera más o menos directa por la utilización de aguas radiactivas, se impone en estos casos un estudio hidrológico muy detallado de la zona del emplazamiento, junto con la permeabilidad e intercambio iónico de los terrenos, que en unión con el período de semidesintegración de los distintos productos de fisión, nos permita conocer con qué grado de actividad serían afectadas las aguas del sector, para poder tomar las pertinentes medidas de protección.

Otro ejemplo muy corriente es la investigación de fugas en una canalización subterránea. Es normal, cuando se colocan nuevas conducciones de agua, terraplenar la zanja excavada lo más pronto posible, después de haber colocado una sección de la conducción. Esto se hace con el fin de evitar la inundación o desmoronamiento de la zanja en caso de lluvias prolongadas, con el consiguiente relleno de la misma con tierra mojada que se consolida difícilmente, así como para disminuir en lo posible las molestias al público, especialmente, cuando la conducción pasa junto a una carretera. En algunas circunstancias, es incluso deseable terraplenar las obras antes de haber tenido bastante tiempo para someter la conducción a los ensayos de presión. Antes del empleo de los isótopos radiactivos, este procedimiento era muy arriesgado, puesto que los escapes producidos en la conducción al llevar a

cabo los citados ensayos de presión, eran difíciles de localizar, y con frecuencia exigían que se abrieran de nuevo grandes secciones de la zanja. El desarrollo de las técnicas radiactivas ha facilitado grandemente la detección de fugas en las conducciones subterráneas, por lo que en la actualidad no preciso esperar a terraplenar las zanjas.

Para conducciones cortas, hasta de 5 kilómetros, se pueden emplear métodos diferentes. Cada uno de ellos exige la introducción de una disolución de sodio-24 en la tubería, normalmente bajo la forma de NaHCO_3 . La elección del sodio-24 presenta las siguientes ventajas:

- a) Emite rayos gamma penetrantes (1,4 y 2,8 MeV).
- b) Se prepara rápidamente con elevada actividad específica, por irradiación de comprimidos preparados previamente de 0,5 g. cada uno.
- c) El nivel de tolerancia en el agua potable es elevado (8 microcurios/l).
- d) El período de semidesintegración es suficientemente corto (quin horas), por lo que se puede conseguir que las disoluciones radiactivas desintegren antes de dejarlas salir de la conducción.

En el primer método, la sección de la tubería que se va a ensayar, se llena de manera uniforme con una solución radiactiva. Esto se lleva a cabo disolviendo en primer lugar un comprimido radiactivo y mezclando la disolución de manera uniforme en unos 500 litros de agua. A continuación, se bombea dicha disolución en la conducción controlando el caudal, mientras el agua corre por la misma. La llegada de la radiactividad al final del tramo de conducción objeto de estudio, se detecta con un contador de rayos gamma, cerrándose en este punto la válvula que aísla dicha sección. Igualmente, se cierran todas las salidas posibles de la tubería, se aumenta entonces la presión y se la mantiene así por espacio de una media hora, para permitir que una parte de la disolución radiactiva pueda salir por los escapes hacia el suelo que rodea a la conducción.

Acto seguido, se hace pasar la disolución radiactiva desde la sección de conducción sometida a ensayo al resto de la misma, al tiempo que se estudia la actividad del suelo situado alrededor de la conducción, especialmente, en las juntas de los tubos. Esto se efectúa por inserción de un contador de rayos gamma en una sonda hueca, introducida en agujeros hechos en el suelo. Como detectores se han empleado indistintamente contadores Geiger o de centelleo. En los puntos donde se nota la presencia de fugas, se toman muestras de agua del suelo para que sirva de prueba adicional. Los escapes de caudal superior a 100 cm^3 por hora se detectan sin dificultad, mostrándose el caudal todo sensible hasta 2 cm^3 por hora.

Este procedimiento es muy laborioso para emplearlo en secciones demasiado largas de la conducción.

Los tramos más largos, en los que existen fugas con caudales elevados

se pueden ensayar midiendo la velocidad del agua en la conducción cuando se han cerrado todas las demás salidas, a excepción de los escapes.

En este método se introduce en la conducción cerrada un pequeño volumen de disolución de actividad específica relativamente elevada, teniendo cuidado de que la actividad total esté muy por debajo de la permisible en el agua potable, cuando la solución esté diluida en el contenido total de la conducción. Por la acción de la presión del depósito que suministra el agua, ésta corre por la conducción, llevando consigo la solución radiactiva. La actividad gamma se detecta por medio de contadores colocados en puntos convenientes de acceso, tales como las juntas hidráulicas. Cronometrando su paso entre puntos consecutivos, se calcula la velocidad del agua. En los puntos de fuga se produce un cambio brusco de esta velocidad, con lo que, comparando la velocidad aparente de la sección que tiene el escape, con las velocidades de las secciones anterior y posterior, se puede localizar la posición del mismo dentro de unos pocos metros.

Este procedimiento es aplicable solamente cuando el caudal en la conducción es suficientemente grande para que la circulación sea turbulenta (unos 500 dm³ por hora en una conducción de 10 cm.), ya que en este régimen se produce solamente una pequeña propagación de la radiactividad a lo largo de la conducción. Por el contrario, si la circulación es laminar, la propagación es considerable y la medida de las velocidades se hace difícil. Con este método, se han localizado escapes más pequeños, imponiendo un caudal de circulación controlado y estacionario en el extremo de salida de la conducción.

Sin embargo, para localizar escapes pequeños en una conducción larga, se usa, generalmente, un tercer método que consiste en cerrar las dos válvulas de entrada y salida, manteniendo la presión en la conducción por medio de un suministro de agua en una virola colocada en el centro de la sección que se cree tiene el escape. Cuando se ha establecido el equilibrio de presión, se inyecta en la conducción un pequeño volumen de solución radiactiva de una actividad total aproximada de 0,5 milicurios. Esta se dirige de preferencia hacia el escape más grande, indicando la dirección del mismo los contadores colocados a cada lado de la virola. La aplicación repetida de esta técnica localiza la fuga dentro de una sección pequeña de la conducción.

En todos los ensayos mencionados se toman las precauciones necesarias para mantener bajo control las soluciones radiactivas, a la vez que se establece una cooperación lo más estrecha posible con las autoridades sanitarias a fin de evitar cualquier riesgo de contaminación para el usuario. Normalmente, las disoluciones tienen una actividad específica que es igual a una décima parte de la permisible en el agua potable, basada en el consumo continuo y en las raras ocasiones en que se ensayan las conducciones en servicio.

La solución radiactiva y toda el agua adicional contienen cloro en gran abundancia, con el fin de impedir las infecciones bacterianas y que el agua no sea potable.

Los métodos descritos están limitados por consideraciones de carácter práctico a longitudes que no excedan de unos 5 kilómetros. Para conducciones mayores, ya indicaremos, al tratar de los oleoductos, algunos de los procedimientos que se siguen.

Otro caso interesante de estudio puede ser el movimiento de sedimentos y materiales sólidos, como es la deposición de fango en los lechos de los ríos y el arrastre del litoral.

Al efectuar el dragado del estuario del río Támesis con vistas a la navegación, se encontró que las cantidades de fango y lodo retiradas del mismo eran cinco veces más altas que lo que podía esperarse de las cantidades transportadas por la corriente del río o sus afluentes. Se supuso que las contracorrientes del lecho depositan de nuevo en el estuario el lodo vertido primeramente en el mar.

Se analizaron muestras de lodo del río y se encontró que consistían, principalmente, en partículas de arena adheridas a materia orgánica de poco peso finamente dividida. Se escogió el vidrio como material indicador, debido a que su densidad es parecida a la de la arena. Se disolvió un 5 por 100 en peso, de óxido de escandio en 100 gramos de vidrio de sosa, y se trituró éste hasta obtener una distribución de tamaños correspondiente al de los constituyentes inorgánicos del lodo. Se irradiaron 85 gramos de vidrio triturado para obtener una actividad de 4 curios de escandio-46, que es un emisor de rayos gamma de elevada energía, con un período de ochenta y cinco días.

Después de transcurrir un tiempo adecuado a fin de permitir la disminución de la actividad del sodio-24 sobrante, se mezcló, a bordo de una embarcación, el vidrio irradiado con unos 30 kilogramos de lodo líquido del lecho del río, en un cilindro de acero especialmente construido que se depositó en su fondo en el remanso de agua que sigue a la bajamar, y se abrieron los extremos del cilindro mediante un mecanismo de muelle.

Desde otra embarcación, se depositaron también en el lecho del Támesis, contadores de rayos gamma sellados que, conectados a escalas situadas a bordo, permitían explorar la actividad de dicho lecho. En la misma embarcación se colocaron aparatos de sondeo mediante eco, que proporcionaron información sobre la profundidad y naturaleza del lecho del río. Este experimento demostró con toda certeza que la sustancia radiactiva inyectada quedaba siempre asociada con acrecimientos de lodo líquido, fluido aglutinado que se cree constituye el principal agente de los movimientos del lodo en el estuario. En los lugares en que el lecho estaba formado por barro consolidado, no se encontró ninguna actividad, excepto en una zona dra-

gada hacia poco tiempo, en la que el lodo líquido había estado bastante tiempo para empezar a consolidarse: aquí el indicador radiactivo permaneció con el lodo en estado de consolidación.

Al quinto día después de la inyección se encontraron indicios de radiactividad a 11 millas aguas arriba, pero las velocidades de conteo obtenidas apenas fueron el doble de las del fondo. Su actividad continuó manifestándose en las zonas de lodo líquido hasta dos semanas después de la inyección, a partir de cuyo momento se interrumpieron las mediciones.

Desde ese instante hubo indicaciones de que una gran parte del material marcado se consolidaba con el lodo y quedaba cubierto por nuevo barro inactivo, lo que disminuía la continuidad aparente del lodo del río. No se encontró ninguna actividad aguas abajo del punto de inyección, pero las condiciones en que se llevó a cabo el experimento favorecían los movimientos de la marea aguas arriba y, por lo tanto, la prueba no se consideró definitiva.

Utilizando la misma técnica se han realizado otros experimentos para determinar la dirección de la corriente de la masa de fango y para examinar las direcciones de las corrientes litorales en las playas en relación con las investigaciones sobre erosión costera, siendo de destacar en este aspecto los trabajos de los japoneses previos a la construcción del puerto de Tomakomai, mediante el empleo de arena de vidrio radiactiva. El isótopo empleado fue el cinc-65, que cumple bien las condiciones que se requieren para estos casos (emisor gamma de energía elevada, periodo conveniente, fácil fijación, no ser caro, etc.) con la excepción de la densidad de su flujo gamma, que sólo alcanza un 46 por 100 de la intensidad de emisión.

Por lo que se refiere a condiciones de seguridad, el cinc-65 fijado químicamente en el vidrio, es menos soluble en el agua del mar, y haciendo que la radiactividad de un grano de arena de vidrio sea aproximadamente de 0,1 curio, la radiactividad en la capa más profunda del mar decae hasta alcanzar el valor del fondo, con una velocidad que está en proporción con la dispersión de la arena de vidrio y la disminución de radiactividad. Respecto al peligro de ingestión por peces y mariscos de la arena radiactiva, aquella sería como máximo de algunos granos, con lo que su actividad sería muy pequeña y podría ser excretada, sin que se llegase a la disolución en los órganos digestivos a causa de su consistencia vítrea.

El fundamento del método reside en preparar arena de vidrio radiactiva con el isótopo cinc-65 de forma tal, que tenga un peso específico y un diámetro muy parecidos al material del fondo en el lugar de la observación, en el cual se coloca la citada arena. Mediante medidas de la radiactividad fue posible observar en qué forma se desplaza la arena radiactiva junto con los demás materiales que componen el fondo, por la acción de las olas y de las corrientes litorales.

Uno de los problemas que se presentaron fue la fijación homogénea sobre el vidrio del isótopo cinc-65, el cual se recibía bajo la forma del Cl_2Zn . Después de investigar algunos métodos se eligió el que indicamos a continuación, por lograrse una dispersión más homogénea del isótopo radiactivo en el vidrio.

El procedimiento consiste en añadir la disolución acuosa del Cl_2Zn a la materia prima pulverizada, con el fin de transformarla en una pasta y después mezclarlas suficientemente. El material, de consistencia pastosa, se solidifica después de haberlo dejado a temperatura ambiente durante un día. A continuación, y por calefacción gradual, se vaporiza el agua libre o combinada. Continuando la calefacción en una atmósfera oxidante, el Cl_2Zn se transforma en OZn y se fija en el vidrio. Como el cloruro de cinc es muy volátil, fue necesario comprobar si el cinc-65 permaneció o no en la masa fundida durante el proceso de calefacción. Los resultados obtenidos midiendo la radiactividad demostraron que no hay disminución de ésta. El Cl_2Zn se oxida por completo y se combina químicamente en el vidrio.

Después de calentar hasta 1.650°C , el vidrio fundido se enfría lentamente hasta una temperatura de 1.550°C , que se mantiene durante tres horas hasta que se separan por completo las burbujas y después se saca del horno. El vidrio fundido no se solidifica en un crisol, sino que se vierte en un baño de agua fría, con lo que se pulveriza en forma de partículas y resulta más fácil la operación de trituración ulterior. El triturador empleado fue de tipo rotatorio, con mecanismo automático de tamices para facilitar la manipulación inocua de las materias radiactivas.

Para obtener la distribución de tamaños de grano requerida, el triturador se ajusta previamente mediante ensayos con vidrio no radiactivo.

El material utilizado en las mediciones a bordo del barco estaba constituido por escalas, amplificadores, alimentadores y reguladores de tensión, contadores Geiger y de centelleo debidamente protegidos, juego de cables, etcétera. Uno de los dispositivos usados consistió en un tubo de acero totalmente estanco al agua, en cuyo fondo iba colocada una cabeza de centelleo que se dejaba reposar verticalmente sobre el fondo del mar desde el barco. En el extremo del tubo se dispuso una plancha para que no se hundiera en el fango y en la arena, y pudieran hacerse las medidas siempre en las mismas condiciones geométricas. El contador de centelleo iba unido a la escala correspondiente mediante un cable de 10 metros. También se empleó el contador Geiger introducido en un tubo de acero inoxidable de cierre hermético, colgado directamente del barco y que se puede aislar del balanceo del mismo (fig. 4).

Otro aspecto a considerar era la colocación de la arena de vidrio en el dispositivo para depositarla en el fondo marino. Durante esta operación los obreros quedan necesariamente más o menos expuestos a la acción de la ra-

diación externa y del polvo radiactivo. Por ello los operadores han de protegerse con trajes de caucho especiales, guantes de goma, botas de caucho, caretas de protección adecuadas, y dosímetros para el control sanitario.

La caja de plomo para depositar la arena radiactiva sobre el fondo del mar es un cilindro de 15 cm. de diámetro interior y 15 cm. de longitud, con espesor de pared de 3 mm., dentro del cual va colgado un saco de polietileno con un anillo de plomo con la boca hacia abajo.

Los operarios introducen la arena de vidrio radiactiva en los saquitos de polietileno, juntamente con agua jabonosa, retorciendo varias veces la boca del saco y poniendo la tapa de plomo sobre el cilindro, el cual, colocado en una caja de arena de 100 cm. x 50 cm. x 50 cm. se transporta en un barco hasta el lugar de la observación en el mar. Al introducir el cilindro boca abajo sobre el fondo marino, un buzo corta el hilo de alambre que

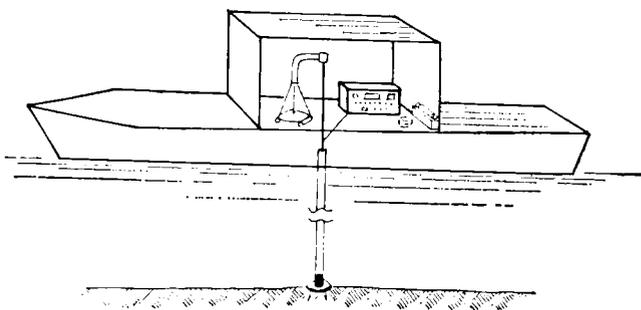


Fig. 4.

mantiene fija la tapa: a continuación se tira lentamente del cilindro mediante una cuerda, tras imprimirle movimientos repetidos de arriba abajo. Después de esto, la arena queda depositada completamente en el fondo marino.

En la figura 5 se indica una representación esquemática del dispositivo para depositar la arena radiactiva.

Los resultados experimentales pusieron de manifiesto que este método para investigar el arrastre en el litoral es superior a cualquiera de los procedimientos ordinarios, y que, en principio, es aplicable a cualquier costa del mundo.

Otros problemas en los que se han aplicado con éxito los isótopos radiactivos son: el grado de contribución de las materias en suspensión, o de las materias coloidales floculadas a la formación de barros y limos, tanto en las presas como en las estaciones depuradoras de aguas residuales; el estudio de la polución de aguas y suelos; determinación de la posición de los rascadores en una conducción; el cálculo de la viscosidad por la medida del

tiempo de caída de una bolita radiactiva en un líquido opaco; determinación de niveles en estos líquidos, etc.

Una de las ventajas del empleo de los isótopos radiactivos es su economía. Así, por ejemplo, para obtener una sensibilidad equivalente a una cantidad de cloruro sódico comprendida entre 0,5 y 1 l/m en la medida de caudal de una corriente de agua, o a 100 ó 200 kilogramos de fluoresceína basta introducir en el curso acuoso 0,3 g. de bromo-82 que corresponden a una actividad de 20 milicurios.

Por otra parte, los isótopos radiactivos no contaminan indefinidamente el medio objeto de estudio, con tal de elegirlos con un período de semidesintegración suficientemente corto. Son, asimismo, de especial utilidad cuando la investigación se realiza con medios opacos o fuertemente coloreados, o bien sujetos a transformaciones químicas, en las cuales los indicadores tradicionales no dan ningún resultado apreciable.

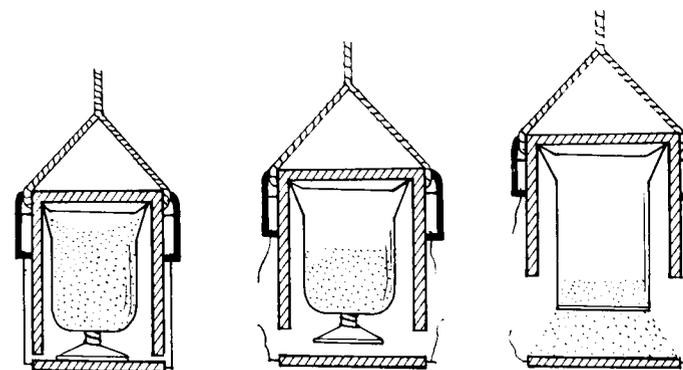


Fig. 5.

Existen un número cada vez mayor de isótopos que se emplean con estos fines, así como de los compuestos químicos que los contienen. A continuación vamos a mencionar unos cuantos de uso muy corriente. Generalmente, se utilizan en forma de sales solubles.

El carbonato ácido de sodio $\text{CO}_3^{23}\text{NaH}$, se utiliza en la localización de fugas de las conducciones bajo tierra, para cuyo cometido es especialmente útil, debido a su radiación gamma muy penetrante y a su período de semidesintegración relativamente corto. En este caso, el empleo de los radioisótopos es en extremo interesante, ya que la detección es posible aún cuando el terreno esté ya anegado de agua.

El yodo-131, se usa a razón de 20 milicurios por cada 500 dm³ de agua en la determinación de la velocidad de difusión de la misma que se infiltra en el terreno.

El bromuro de sodio, se ha empleado con éxito para observar las pos

bilidades de comunicación entre determinadas galerías situadas bajo ríos y pozos en las orillas de éstos, en los que la fluorescencia no da ningún resultado positivo.

El tritio se ha utilizado para el establecimiento de balances hidrológicos en la cuenca del Missisipi, lo que ha permitido determinar el ciclo de circulación de las aguas, evaporación, precipitación, escorrentía, infiltración y nuevo curso hacia el océano.

El sodio-24, en forma de cloruro sódico, se usa corrientemente en cantidades de 1 grano de cloruro por cada 500.000 m³ de agua para determinar el tiempo de paso de esta última o el de retención en una cuenca de decantación. Los contadores se disponen en el lugar de salida del agua, o repartidos por el contorno de la cuenca si es circular. La detección se hace según las circunstancias, directamente sobre el agua o introduciendo el detector en los pozos y ríos, cuya sensibilidad es, generalmente, del orden de un microcurio por metro cúbico de agua. La detección se puede realizar, igualmente, sobre el agua transportada o bombeada. En ciertos casos, como hemos visto anteriormente (tuberías, depósitos, fugas subterráneas), el detector actúa exteriormente al fluido.

Por último, se puede realizar la medida con el contador después de proceder a la concentración del líquido a estudiar, o posteriormente a la extracción física o química del indicador.

Actualmente, existe tendencia hacia el empleo del tritio, cuya detección se puede realizar con sensibilidades del orden de un microcurio en un metro cúbico de agua, sensibilidad que se puede multiplicar por mil por electrolisis.

Sin embargo, los métodos que utilizan el tritio requieren operadores entrenados especialmente y unos aparatos costosos que, si no es para una serie de investigaciones amplias y sistemáticas no pueden amortizarse en condiciones aceptables.

APLICACIÓN DE LOS ISÓTOPOS RADIATIVOS EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO

La industria del petróleo ha sido la primera en aplicar las técnicas de los radioisótopos a sus problemas tecnológicos. La naturaleza de sus instalaciones y procesos ha fomentado el empleo de una gran variedad de métodos, que han ayudado a resolver muchos de los problemas planteados en esta industria, que cubre en realidad todas las etapas que van desde el descubrimiento del material bruto, hasta la obtención de los productos finales y que pone en juego un gran número de técnicas y conocimientos que abarcan desde la Geología y la Química, pasando por la Mecánica, Termodinámica y Mecánica de Fluidos.

A continuación vamos a indicar las principales aplicaciones de los isótopos radiactivos en las diferentes etapas de la industria petrolífera por el orden que naturalmente tienen lugar, y que son:

Prospección e investigación del petróleo.

Perforaciones.

Producción del bruto.

Transporte por oleoductos.

Refino.

Aplicación de sus productos y mejoras en su trabajo.

Química del petróleo.

Casi todas las técnicas que vamos a describir se justifican por el hecho general de que el petróleo, tanto en el terreno como posteriormente en los distintos productos que de él se obtienen, son, generalmente, líquidos y ocupan recipientes opacos donde no son directamente accesibles. Por ello, se precisan métodos que permitan seguir desde el exterior todos los fenómenos que tienen lugar en el interior de aquéllos.

Prospección

El estudio de los terrenos profundos mediante desmuestre es, normalmente, difícil y costoso, pues la obtención de testigos es siempre más cara que el sondeo y precisa la perforación de pozos de gran diámetro. Los métodos que emplean los isótopos radiactivos son muy útiles, ya que proporcionan informaciones muy interesantes por medio de los datos que se obtienen en aparatos colocados en superficie que van conectados a detectores que pueden descender fácilmente en las perforaciones.

Las técnicas más empleadas se clasifican en dos grupos: ensayos con rayos gamma y ensayos con neutrones.

Ensayos con rayos gamma.

En este método existen dos variantes que son: la medida de la radiación natural y el empleo de la retrodispersión gamma.

Medida de la radiación natural.—Los terrenos atravesados presentan una cierta radiactividad natural que depende de la clase de los mismos. La medida de esta radiactividad con la ayuda de detectores, generalmente, tubo Geiger de sensibilidad elevada para la radiación gamma, nos proporciona una gráfica de esta actividad en función de la profundidad, lo que nos informa sobre la naturaleza de las capas atravesadas (fig. 6).

Retrodispersión gamma.—Se hace descender en el agujero una fuente emisora de rayos gamma, junto con un detector aislado por una pantalla d

la acción directa de dicha radiación. Las capas atravesadas reflejan una parte de los rayos, siendo el coeficiente de reflexión sensiblemente proporcional a la densidad de las rocas. Con una fuente suficientemente potente (del orden de los 100 mC de cesio-132, la actividad natural de los terrenos es despreciable frente a la radiación gamma retrodispersada medida por el detector, razón por la cual este último puede ser menos sensible que en el caso en que se mide la radiación gamma natural.

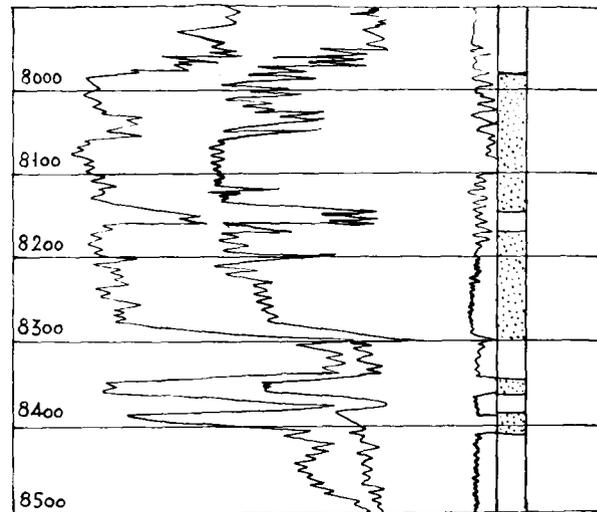


Fig. 6.

Ensayo por medio de neutrones.

En este caso se puede operar de tres formas diferentes, que indicamos a continuación.

Activación de capas.—La exposición de las diferentes capas del terreno a la radiación de una fuente de neutrones portátil, produce la activación de ciertos elementos de aquél, cuya radiactividad, en conjunto, puede detectarse con un contador. La radiación gamma que se origina es tanto menos intensa, cuanto más hidrógeno hay presente, siendo factible determinar el grado de saturación de agua o de petróleo de las rocas, si bien no es posible distinguir entre ambos. Este método ha alcanzado un mayor grado de perfeccionamiento, empleando un destellómetro para la detección de la radiación gamma—utilizando simultáneamente el método espectrográfico, con lo que se obtienen resultados analíticos más completos sobre la naturaleza de los terrenos activados.

Radiación gamma secundaria.—Se puede medir, igualmente, la radiación

gamma secundaria emitida con posterioridad a la absorción de neutrones por los diversos elementos. La energía de estas radiaciones gamma es característica de los núcleos de los elementos bombardeados, y su detección empleando la espectrometría permite un análisis completo de la naturaleza de los elementos presentes en el terreno. En principio, es posible diferenciar el agua salada de los hidrocarburos.

Retrodispersión de neutrones lentos.—Por último, indicaremos este método en el que se utiliza una fuente de neutrones y un detector de neutrones lentos (con trifluoruro de boro gaseoso). Este aparato mide el flujo de neutrones térmicos retrodispersados por las capas atravesadas. El hidrógeno es de los elementos más eficaces para frenar los neutrones rápidos, por lo que su presencia refuerza considerablemente la intensidad de la radiación medida.

Perforaciones

A continuación vamos a exponer algunas aplicaciones corrientes.

Determinación de niveles.—Para encontrar rápidamente un nivel dado en un pozo, se puede operar con la ayuda de isótopos indicadores. El oportuno marcado se consigue haciendo explotar al nivel deseado una bala cargada de isótopos de vida larga.

Investigación de zonas porosas y permeables.—Si se inyecta una disolución radiactiva en un pozo, se extenderá fácilmente a través de las capas porosas y permeables que encuentre en su camino. Después de la eliminación de la solución y del lavado, las zonas permeables permanecerán contaminadas y podrán ser localizadas en profundidad mediante un detector.

Cimentación de pozos.—En las operaciones de cimentación no es siempre fácil de determinar la altura y recrecimiento de la capa de cemento líquido inyectada por la columna de tubos. El conocimiento de este nivel es posible, marcando el cemento con un mineral radiactivo (vanadato de potasio o de uranio) y desplazando un detector en el interior de la columna de tubos. Después de colocado el cemento se puede, asimismo, tener datos sobre la constancia del espesor de la capa de cemento, mediante el registro de su actividad en función de la profundidad.

Producción

Inyección de agua.

Con el fin de facilitar la recuperación secundaria del petróleo existente en aquellos lugares, cuya producción natural es nula o muy reducida, se inyecta agua por ciertos pozos para forzar al petróleo a fluir hacia los pozos

de extracción (fig. 7). Es importante controlar en una producción continua que el agua no llegue a desembocar en ciertos pozos, lo que es factible marcando este agua y colocando detectores cerca de la salida de los pozos de extracción.

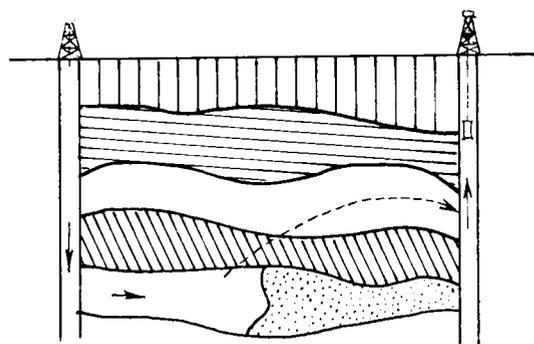


Fig. 7.

Acidificación.

Es una aplicación muy relacionada con la investigación de las zonas porosas y permeables, y permite conocer los sectores de penetración preferencial del ácido utilizado para atacar los terrenos y favorecer el drenaje del petróleo hacia los pozos de producción. Después de marcar el ácido, el detector revela las zonas donde el ataque ha sido más importante (fig. 8).

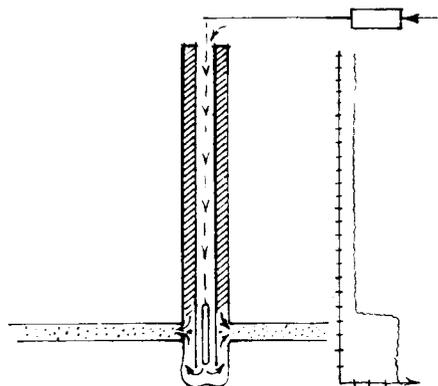


Fig. 8.

Estudios de derrame en las rocas porosas.

A escala de laboratorio se han realizado numerosos estudios sobre el derrame del petróleo refluído por el agua, y de los disolventes en las rocas porosas de diferente naturaleza y estructura. Como estas medidas deben rea-

lizarse bajo presiones que de ordinario son muy importantes, la roca a ensayar debe situarse en el interior de recipientes metálicos robustos. Para poder seguir el avance del frente agua-petróleo y, eventualmente, la extensión de la difusión en este frente, se emplean indicadores radiactivos que se pueden detectar desde el exterior de la envuelta metálica. Estos indicadores deben ser solubles en una de las fases y no difundirse en la otra. Se puede emplear con este objeto el yodo-131 (2.500 veces más soluble en el petróleo que en el agua) y el bromo-82.

Transporte por oleoductos

a) Colocación.

Después de la colocación de los tubos es necesario efectuar la soldadura de éstos para unirlos. A continuación, es preceptivo comprobar la bondad de estas soldaduras mediante gammagrafía. Es clásico el empleo de una fuente de cobalto-60, con una intensidad que puede oscilar entre dos y diecisiete curios, dependiendo del espesor de la tubería y de la rapidez con que se desea realizar la operación. La fuente, que se puede hacer fácilmente transportable mediante dispositivos adecuados, se coloca en el interior de la tubería soldada, aproximadamente en el centro de la sección circular, mientras que exteriormente se dispone concéntricamente la película adosada a lo largo del cordón de soldadura. Los defectos de este último se traducen por diferencias de ennegrecimiento en la película. Este ensayo se puede realizar en el lugar del emplazamiento, recubriendo las películas con unas petacas plásticas que dejan pasar la radiación gamma del cobalto-60, pero no así la luz solar. Como en todo ensayo por gammagrafía, hay que conjugar para obtener los mejores resultados, la densidad, factor de la película, distancia de la fuente a esta película, intensidad de la fuente en curios, clase y espesor del material y tiempo de exposición. La aplicación de la gammagrafía es realmente imprescindible en este caso, ya que sería totalmente imposible montar en el terreno aparatos de rayos X de suficiente potencia, sobre los cuales, los que emplean isótopos radiactivos tienen la ventaja de ser independientes de toda fuente de alimentación exterior, ser más fácilmente transportables y requerir menos mantenimiento. Ello ha permitido conseguir ahorros considerables de tiempo en la colocación de los oleoductos actuales.

b) Explotación.

En esta fase son numerosas las aplicaciones de los isótopos radiactivos. A continuación indicamos algunas:

Localización de rascadores.— Como es sabido, periódicamente es nece-

rió proceder a la limpieza de las partes internas de las conducciones con ayuda de pistones rascadores accionados por un fluido a presión. Estos rascadores se atascan en determinados puntos del recorrido, que conviene localizar rápidamente sin deteriorar el oleoducto. Esto se consigue marcando los referidos rascadores con la ayuda de una fuente de cobalto-60, que se puede detectar desde la superficie del terreno. Con el fin de evitar que la manipulación de estos rascadores entrañe grave peligro, la actividad de la fuente es, normalmente, del orden de 100 mC, lo que limita el espesor del terreno de recubrimiento, aproximadamente, a un metro para que la detección sea posible.

Recientemente se utiliza un nuevo procedimiento que consiste en colocar la fuente en el rascador en el interior de una protección de plomo, con un dispositivo conveniente que la impida salir de la misma, excepto en el caso de que se aplique presión a la conducción, lo que sucede cuando el rascador queda bloqueado y se trata de localizarlo. Por el contrario, la fuente se halla protegida cuando se introduce el rascador en la conducción o cuando se le extrae después de localizarlo. Con esta forma de operar, se puede aumentar sin riesgo la actividad de la fuente hasta 500 mC, con lo que se la hace detectable hasta una profundidad de 1,5 m.

Detección de escapes.—Los métodos indicados anteriormente para localización de fugas en conducciones acuosas, están limitados por consideraciones de carácter práctico a longitudes que no excedan de 5 km.

En algunos problemas de escapes, especialmente en el funcionamiento de oleoductos, es muy corriente tener que estudiar longitudes mucho más largas, pudiendo resultar difícil la localización de las fugas con bastante precisión por los métodos corrientes de secciones cortas. Para tales problemas, se ha desarrollado una técnica mediante la cual la búsqueda de las acumulaciones o bolsas de radiactividad ocasionadas por los escapes, se efectúa desde el interior de la propia conducción.

En primer lugar, se introduce una cantidad de disolución radiactiva por el extremo de entrada de la conducción, que puede ser en petróleo o en agua. Es muy corriente utilizar sodio-24 en agua. A continuación, se hace circular un líquido no radiactivo, siendo las velocidades de bombeo las adecuadas para asegurar una corriente turbulenta y evitar una propagación excesiva del producto. El detector se sitúa dentro de la conducción, a un kilómetro de distancia detrás de la disolución radiactiva. Este detector, constituido en realidad por dos contadores Geiger, va colocado dentro de un recipiente cerrado herméticamente, junto con un magnetófono de cinta de velocidad reducida, todos alimentados con batería. El recipiente va coronado con una junta análoga al émbolo del limpiatubos y la corriente de líquido lo arrastra a lo largo de la conducción.

Los puntos de escape, a través de los cuales se ha filtrado la disolución

radiactiva, se detectan por medio de los contadores Geiger, cuyos impulsos quedan registrados en el magnetófono de cinta. Además se coloca una serie de pequeñas fuentes de rayos gamma (cada una de alrededor de 200 milicuries de cobalto 60) a distancias convenientes junto a la pared externa de conducción, para que sirvan de puntos de referencia.

Cuando el equipo detector alcanza el extremo de salida de la conducción se separa la cinta magnetofónica y se pasa más rápidamente en un contador registrador de velocidades que da una gráfica de distribución de la actividad a lo largo de la conducción. Relacionando las zonas de velocidad de cuenta elevada con los registros fácilmente reconocibles de los puntos de referencia, se puede localizar el escape.

Localización y difusión de la interfase de dos productos.—Como es sabido, en una misma conducción se bombean, normalmente, diferentes productos, unos detrás de los otros, siendo preciso conocer a la llegada la zona de separación de dichos productos con el fin de no bombear uno de ellos tanque de almacenamiento del otro. La experiencia demuestra que, aún conociendo perfectamente el momento en que un determinado producto comienza a bombearse después de otro A, transcurrido un espacio de tiempo comprendido entre quince y dieciséis horas, existe una indeterminación, aproximadamente de una hora, sobre la situación de la zona de contacto. A pesar de esto, los errores a la llegada pueden ser grandes y existir pérdidas importantes de los productos transportados.

Inyectando el indicador durante algunos segundos, en el momento de cambiar los productos bombeados en el punto de partida y mediante detectores situados convenientemente en distintos puntos del recorrido, se puede seguir con facilidad el avance de la interfase, así como advertir de su proximidad a la estación de llegada. Esta estación con su detector propio, determina muy exactamente el momento conveniente para hacer pasar el líquido efluente de un depósito a otro.

La misma técnica permite seguir la difusión de la zona de contacto en función de la distancia recorrida y de las bombas, filtros y otros obstáculos encontrados en el camino; si esta fracción de productos impuros se extiende se puede, asimismo, eliminar a la llegada.

Por lo que se refiere a los marcadores empleados, primeramente se utilizó el bromo-82 bajo la forma de dibromuro de etileno en conducción hasta de 60 kilómetros de longitud, pero su periodo de semidesintegración de treinta y cinco horas es demasiado reducido para que pueda servir para operaciones de rutina. También se propuso utilizar el escandio-46 por su periodo de ochenta y cinco días y que se obtiene como subproducto en la obtención del calcio-45 sin producir radiación. En la actualidad los marcadores más utilizados son el alcoilefeno de bario-140 o el trifenilantimonio-124.

En relación con la inyección existen varios métodos. Para localizaciones fijas se utiliza una bomba regulable de una sola embolada, que suministra un volumen apropiado de solución radiactiva procedente de un depósito rodeado de tierra. En los mecanismos de inyección de cápsulas portátiles, el recipiente se vacía y barre automáticamente con petróleo o combustible limpio, a fin de asegurar su evacuación sin riesgo, después de haberlo utilizado, y una válvula sin retroceso impide el escape de la disolución radiactiva cuando el oleoducto funciona a presión elevada.

Como ya hemos indicado anteriormente al tratar de las conducciones de agua, el marcado radiactivo de las interfases o superficies de contacto se aplica solamente en condiciones de circulación turbulenta; en caso contrario, la propagación de la radiactividad se convierte en un serio problema. En los oleoductos que transportan más de un producto, es condición esencial el régimen turbulento en todos los casos, pues una corriente laminar produciría una mezcla de los productos consecutivos en una gran longitud del oleoducto, lo que invalidaría el método.

Cuando se utilizan indicadores solubles, su propagación a lo largo de la conducción mientras circulan los fluidos, se efectúa por el mismo mecanismo que hace que los diversos productos se entremezclen a través de las superficies interfaciales marcadas. Puede demostrarse fácilmente que la actividad en una sección dada es proporcional a la diferencial de la curva de concentración con respecto a la distancia a lo largo del oleoducto. De aquí:

$$\frac{\text{Combustible 2}}{\text{Combustible 1}} = K \int_{-\infty}^x f(x) dx$$

en la que $f(x)$ es la velocidad instantánea de contaje, medida fuera del oleoducto, cuando la solución activa pasa por un contador, y K es un factor constante de normalización. Esta relación se ha comprobado experimentalmente mediante ensayos efectuados en tramos de 60 kilómetros de longitud, y se utiliza para determinar los momentos exactos para desviar los productos entremezclados por el extremo de salida del oleoducto y volverlos a conectar con el suministro del segundo producto limpio cuando se obtiene la pureza requerida.

Con el fin de evitar algunos de los peligros que trae consigo el manejo de la radiactividad en disoluciones, y la evacuación o uso sin riesgo de los combustibles ligeramente radiactivos, se emplean nuevas técnicas que consisten en medir la densidad del combustible o el contenido de hidrógeno desde el exterior de la conducción. Estos métodos tienen, además, la ventaja de que no es necesario el marcado, y de que las operaciones que precisan del empleo de la radiactividad se efectúan solamente en el extremo de salida de

la conducción. La medida de la densidad se lleva a cabo por absorción de la radiación gamma de una fuente exterior de 300 milicurios de cesio-137. La radiación no absorbida se mide con una cámara de ionización. La densidad así determinada se obtiene con un error de 0,1 por 100 aproximadamente y basta, en general, para distinguir dos productos diferentes bombeados uno detrás del otro. Cuando la superficie de contacto corresponde a dos combustibles líquidos que absorben rayos gamma en la misma proporción deben usarse otras propiedades de los mismos. En este sentido se ha ensayado con éxito una técnica basada en la moderación de los neutrones.

El frenado y dispersión de estas partículas en los hidrocarburos, dependen casi exclusivamente de su contenido de hidrógeno, debido a que los neutrones de este elemento tienen casi la misma masa que los neutrones. El dispositivo empleado consiste en una fuente de neutrones rápidos a base de polonio-berilio, de antimonio-berilio o de radio-berilio, junto con un detector de neutrones lentos con trifluoruro de boro que se coloca sobre una de las paredes de una sección del oleoducto. Los neutrones rápidos de la fuente frenan y se dispersan al chocar con los núcleos de hidrógeno de los combustibles líquidos no siendo, sin embargo, afectados por las paredes de acero del oleoducto. El contador de trifluoruro de boro puede tener respuesta elevada solamente para los neutrones de baja energía, retrodispersados por el combustible. Con este método se pueden distinguir fácilmente combustibles de diferente calidad.

Refinero

Las instalaciones de fraccionamiento y tratamiento del petróleo bruto constan normalmente de columnas o cubas metálicas opacas y estancas, las que resulta muy difícil seguir desde el exterior los procesos que tienen lugar en el interior. Por esta razón, los radioelementos son de gran utilidad en este caso, y han permitido resolver un gran número de problemas relacionados con las medidas y reconocimiento de mecanismos.

Medidas de nivel.

Los aparatos clásicos de medida de nivel de líquidos en cubas o recipientes metálicos mediante flotadores conectados mecánicamente a órganos externos, no son, en general, aplicables en la refinería, debido a la estanqueidad de dichos recipientes.

La determinación de niveles utilizando los isótopos radiactivos son métodos clásicos y los métodos operativos son numerosos. Los clasificaremos según la forma que actúe la radiación que empleemos.

Medida de la radiación directa.

En este procedimiento, la fuente radiactiva, generalmente cobalto-60, se monta sobre un flotador debidamente guiado. El detector se instala en la parte superior del depósito y recibe la radiación directa cuya intensidad es sensiblemente proporcional a la inversa del cuadrado de la distancia que le separa de la fuente, si despreciamos las variaciones de absorción por el aire en función de su espesor por encima del líquido. De esta forma se puede obtener una medida continua y precisa del nivel con posibilidad de registro o de regulación. La dificultad del método estriba en que precisa de un flotador, cuya posibilidad de empleo viene limitada por la naturaleza más o menos agresiva del líquido de que se trate.

Medida por absorción de la radiación.

En este método no se precisa de flotadores, y puede realizarse mediante disposiciones diversas. Una de ellas consiste en emplear fuentes y detector exteriores y fijos a un lado y otro del recipiente (fig. 9).

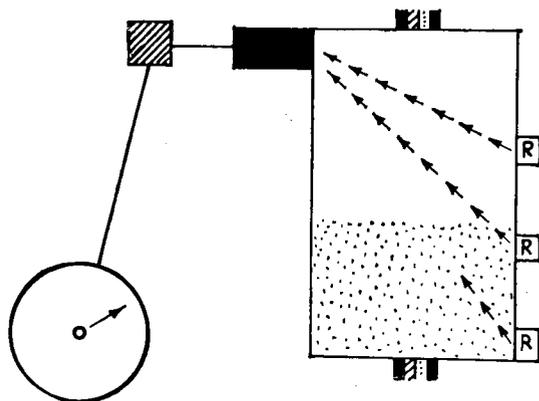


Fig. 9.

Una o varias fuentes se colocan a un lado del depósito exteriormente y el detector en el lado opuesto, también exteriormente y en la parte superior. La absorción de la radiación gamma fluctúa en función de las variaciones de los espesores relativos del aire y del líquido, si bien este último es más absorbente. De este modo se puede obtener una medida continua del nivel.

Otro procedimiento consiste en utilizar fuente y detector exteriores fijos y opuestos en un mismo plano horizontal. Cuando el nivel del líquido alcanza y sobrepasa el nivel fuente-detector, se produce un aumento brusco de la absorción de la radiación y, por consiguiente, una disminución de la actividad media, lo que permite fijar con precisión un nivel determinado (nivel fuente-detector) y, eventualmente, realizar una regulación alrededor del mismo.

Una variante de este sistema consiste en emplear una fuente exterior un detector también exterior y opuesto en un plano horizontal con posibilidad de desplazarse con el nivel de la interfase líquido-aire mediante dispositivos adecuados de deslizamiento, con lo que la variación brusca de absorción se produciría siempre en dicho nivel. De esta forma, es posible obtener una medida exterior de un nivel interior.

Las técnicas citadas basadas en la absorción, requieren para que puedan realizarse, que las paredes metálicas del recipiente no sean demasiado gruesas a fin de que su poder de absorción no sea muy importante en relación con las variaciones de absorción que existen entre el aire y el líquido y que la capa de éste no tenga unas dimensiones tales que la distancia entre la fuente y el detector no permita medir más que una radiación muy débil, aún cuando exista interpuesto líquido.

Medidas por reflexión de la radiación gamma.

Este método se puede aplicar cuando algunas de las condiciones citadas precedentemente hagan prohibitivas las técnicas de absorción.

Se sabe que la intensidad de la radiación reflejada es función de la densidad y del espesor del objeto reflector. El principio en que se basa esta técnica consiste en dotar al depósito en su parte superior, interior o exteriormente, de una fuente emisora gamma y de un detector aislado por una pantalla de la radiación directa de aquélla. En estas condiciones la actividad medida es la radiación reflejada por la capa de líquido, que para una densidad de éste dada, es función del espesor de dicha capa.

Este procedimiento es más delicado de aplicar y menos sensible que el de absorción pero, por el contrario, se puede emplear en todos los casos de la práctica.

Medida del caudal.

Ya nos hemos referido a ella en el apartado relativo al estudio de aguas. Por ello, no insistimos más sobre este particular, ya que los métodos son en esencia, los mismos. Únicamente vamos a indicar algunas aplicaciones en el caso de las refinerías.

Recorridos de los catalizadores en circulación.

Con frecuencia es importante seguir los movimientos de los catalizadores en las unidades de cracking catalítico, lo que es posible marcándolos con isótopos radiactivos (muy corrientemente circonio-95), cuyos desplazamientos

ligados a los del catalizador, pueden ser seguidos desde el exterior con la ayuda de uno o varios detectores.

En este sentido se pueden hacer pruebas más complicadas, como es el seguir simultáneamente por espectrografía gamma varios constituyentes marcados por diferentes isótopos, como el cerio-144, el cromo-51 o el escandio-46.

Esta aplicación resolvió, por ejemplo, una disparidad de criterios sobre el valor de un sistema complicado de tabiques deflectores destinados a obtener una circulación uniforme a través de un gran tubo inclinado situado en el fondo de un horno. Para esta prueba se colocaron un par de contadores Geiger, uno en cada extremo del tubo, sucesivamente en la parte superior, en la parte inferior y a cada lado del mismo. De esta forma se registraron la velocidad y el número relativo de perlas radiactivas que seguían estos diversos recorridos. Las grandes diferencias obtenidas para cada uno de dichos recorridos demostraron que los tabiques deflectores no cumplían con la función a la cual se los había destinado. En una instalación similar se utilizó la velocidad de las perlas por recorridos diferentes, situados cerca de la periferia de un gran horno de regeneración como base para ajustar las placas perforadas del fondo, con el fin de obtener una circulación más uniforme.

Reparto de las corrientes de fluido en las columnas de destilación.

Esta aplicación, en estrecho contacto con la precedente, permite asegurar el igual reparto en las corrientes de fluido, el llenado integral de los platos de las columnas de fraccionamiento, y estimar la cuantía del flujo. Consiste en inyectar un disolvente marcado a un cierto nivel (naftenato de cobalto-60 o trifenilantimonio-124 y verificar medidas de conteo a la salida de los otros platos.

Formación de coque en el craking catalítico.

Los tratamientos catalíticos de hidrocarburos dan lugar, frecuentemente, a la formación de coque en las unidades de craking, contribuyendo a entorpecer y manchar de grasa el catalizador.

Si se opera con hidrocarburos marcados con carbono-14, se pueden determinar aquellas estructuras que son particularmente responsables de esta formación de coque, con objeto de eliminarlas con anterioridad al tratamiento.

Eliminación de cargas estáticas en el transporte de líquidos inflamables.

Como es sabido, en las operaciones de bombeo y transporte de hidrocarburos, cuerpos por otra parte muy poco conductores, tienden a concentrarse en ciertos puntos de las instalaciones, cargas estáticas de importancia que pueden dar origen a descargas y producir por explosión de líquidos inflamables accidentes muy graves. Las radiaciones ionizantes y, en particular, los rayos beta, facilitan la eliminación de estas cargas, permitiendo resolver este importante problema.

Mezcla de petróleos crudos en la destilación.

En este caso, se puede utilizar un indicador de superficies de separación en el circuito de alimentación de una batería de destilación para separar de la manera más precisa posible los residuos de alquitrán procedentes de los petróleos crudos distintos. En el momento de introducir el nuevo crudo, se añaden a la solución de alimentación 10 milicurios de naftenato de cobalto-60. La conducción de alquitrán que sale de la batería, se controla durante varios días con un contador Geiger.

En un determinado experimento realizado en una tubería que comprendió cuatro calderas en serie, se comprobó que si los productos hubiesen circulado a modo de émbolo a través de las calderas, el indicador de la superficie de separación hubiese aparecido veintinueve horas después de la inyección. En la práctica, la actividad comenzó a aparecer en la corriente de salida después de dos horas. El indicador se dispersó en forma de una amplia onda difusa con un máximo a las catorce horas y un residuo que persistía al tercer día.

Se calculó la curva que hubiera debido presentarse en caso de tener lugar una mezcla completa en cada caldera, utilizando datos sobre volúmenes caudales suministrados por los operadores. Esta curva coincidió muy aproximadamente con los datos observados, indicando que la mezcla no se diferenció mucho de la ideal. De esta manera, se probó que era poco práctico efectuar el corte brusco previsto entre los alquitranes procedentes de los crudos.

Procesos de separación en el refino.

En contraste con las variadas aplicaciones de los isótopos radiactivos todas aquellas operaciones que implican el movimiento o la mezcla de productos, se observa un uso restringido en aquellos casos en que los componentes

los productos petrolíferos están separados. El primer tipo de operaciones, requiere sólo que el indicador sea física y químicamente compatible con el producto marcado, mientras que el segundo precisa una similitud de propiedades físicas y probablemente también de propiedades químicas parecidas a la identidad de los compuestos isotópicos. Por ejemplo, se necesita un indicador para medir la distribución de un compuesto que puede presentarse en las dos fases de una destilación.

Los indicadores más convenientes en las operaciones de tratamiento de petróleo son el carbono-14, el azufre-35 y el tritio. Sin embargo, la radiación beta blanda emitida por estos isótopos, especialmente por el último, no les hace aptos en muchas ocasiones para utilizarlos en las condiciones típicas de una refinería. Los modernos contadores de centelleo dispuestos para el conteo de radiación beta blanda, han allanado muchas de estas dificultades, si bien en la mayor parte de los casos hay que extraer muestras de la instalación.

Arrastre de alquitrán en el producto destilado.

Existen muchos procesos importantes en los que el componente de interés aparece sólo en una fase y su presencia en otra se debe a una separación incompleta de las mismas. En este caso, hay bastante libertad para elegir el indicador, permitiendo el empleo de un emisor gamma para seguir el movimiento de productos en operaciones continuas. Estos trazadores se pueden considerar como indicadores de fase más propiamente que de un material específico.

Un ejemplo, lo constituye el estudio del arrastre del alquitrán en las corrientes superiores de los evaporadores y de las columnas de destilación. Los productos refinados deben ir exentos de alquitrán, el cual debe eliminarse en muchas fracciones de los distintos procesos para disminuir la formación de coque y aumentar el tiempo de funcionamiento de la instalación.

Una forma de proceder, puede ser la de inyectar 10 mC de naftenato de cobalto-60 en la solución de alimentación del evaporador, como indicador del alquitrán. Un contador colocado en el tubo que lleva los residuos de la caldera a los tanques de alquitrán, registra la actividad del cobalto que pasa a través de esta conducción. Otro contador situado en la corriente superior del evaporador, señala la actividad del isótopo radiactivo en la misma. Sumando los impulsos de las dos indicaciones y efectuando las correcciones oportunas para tener en cuenta la diferencia de los caudales de circulación en las dos conducciones, se obtiene una medida cuantitativa del arrastre de alquitrán en el destilado.

Aplicación de sus productos y mejoras con su trabajo

Es, probablemente, en este extenso campo, donde se produce en mayor escala la utilización de los radioisótopos. A continuación vamos a indicar algunas de las aplicaciones más importantes.

Estudio del desgaste de piezas mecánicas y transporte de materias.

Las industrias mecánicas, en general, han recurrido durante los últimos años a las técnicas que emplean los isótopos radiactivos para el estudio del desgaste. No obstante, es en la industria de los motores de combustión interna, donde los problemas son más numerosos y donde se ha hecho mayor uso de dichos isótopos, en especial, para el estudio del desgaste de los segmentos de pistones y de las camisas.

El principio en que se basan estos ensayos consiste en convertir en radiactiva por los procedimientos que vamos a iniciar, la pieza del motor que se desea estudiar. Cuando éste entra en funcionamiento, las partículas procedentes del desgaste de la pieza se dispersan en el aceite de engrase, permitiendo la medida continua o periódica de la actividad de este último, según la evolución del desgaste de la pieza en función del tiempo. La comparación de la actividad del aceite con el de una solución patrón que contiene una cantidad conocida del metal con la misma actividad específica que la de la pieza estudiada, permite conocer las actividades medidas durante el ensayo.

Entre los procedimientos que se utilizan para la activación de las piezas se encuentran: 1.º Aplicación electrolítica del isótopo radiactivo sobre la superficie sometida a fricción. 2.º Introducción del isótopo durante la fusión y el vaciado. 3.º Inserción en la pieza de elementos radiactivos que actúan como testigos del desgaste, y 4.º Activación por irradiación. También se han empleado los métodos de difusión y tratamiento por chispa eléctrica.

Cada uno de los procedimientos enumerados posee su propio campo de aplicaciones. Su elección depende de las características del problema que se trata de resolver, de la actividad de irradiación necesaria para evaluar el desgaste de una manera precisa y de la dimensión, forma y condiciones de trabajo de la pieza.

El empleo de la galvanoplastia suele ser lo más conveniente, cuando el proceso forma parte de las operaciones de preparación de la pieza.

En ciertos casos, este método se utiliza para la aplicación de una capa activa sobre la superficie de los testigos sometidos al desgaste. La galvanoplastia asegura la obtención de una capa fina de elevada actividad. La ele-

trolysis se lleva a cabo con ayuda de soluciones ordinarias de sales metálicas, a las que se añade la correspondiente sal del isótopo, o bien mediante un ánodo radiactivo. Si el isótopo se encuentra bajo una forma química que no puede introducirse en el electrolito, se transforma previamente en un compuesto adecuado.

La cantidad de isótopo añadido al electrolito, se calcula en función del espesor de revestimiento necesario, del volumen del citado electrolito, del rendimiento de la corriente y de las condiciones de la electrolisis.

La aplicación de los isótopos durante la fusión y vaciado se efectúa en el caso de piezas de pequeñas dimensiones que no necesitan un tratamiento mecánico complicado.

La técnica de preparación de las aleaciones y de vaciado de las piezas destinadas a la investigación, no debe diferenciarse, en lo posible, de la técnica empleada normalmente en la producción, a fin de que las piezas así obtenidas respondan a las exigencias normales.

Es aconsejable utilizar los insertos en aquellos casos en que la pieza que se va a ensayar es de grandes proporciones y se somete a un tratamiento mecánico complicado, y también cuando el desgaste no es igual en toda la superficie y es necesario obtener datos sobre el mismo.

Como norma general, los insertos radiactivos deben prepararse con un material que no ejerza ninguna influencia perjudicial sobre el resultado del ensayo de la pieza de que se trate; por ejemplo, arañando la pieza asociada.

En esencia, este método se reduce a practicar en la superficie de fricción de la pieza pequeños orificios (\varnothing , 0,6-1 mm.; profundidad, 0,8-1 mm.) o ranuras, que se llenan con el metal radiactivo. En este caso, se conoce el desgaste de la pieza activada basándose en los insertos radiactivos.

La activación por irradiación se efectúa con las piezas terminadas en laboratorios especiales. La profundidad de irradiación de estas piezas depende de la naturaleza de dicha irradiación y de su poder de penetración en la sustancia dada.

La introducción del isótopo mediante difusión consiste en aplicar sobre la superficie de fricción una o varias capas de diferentes metales que se difunden durante el calentamiento de la pieza. Cada una de las capas del metal puede ser activada distintamente. Este método se utiliza para las piezas sometidas a un proceso de difusión.

El tratamiento por chispa eléctrica de las piezas puede emplearse para introducir el correspondiente isótopo en el electrodo. Este procedimiento también se utiliza para aplicar el isótopo sobre la superficie de fricción del inserto.

Después de haber activado las piezas con alguno de los métodos indicados, es indispensable comprobar cuidadosamente si el isótopo radiactivo se

ha distribuido con regularidad, ya sea por el método radiográfico o mediante el análisis de muestras de las capas midiendo su actividad.

Las grandes ventajas de emplear esta técnica en relación con los métodos clásicos, físicos (por pesada o medida) y químicos (por análisis del aceite se derivan de su enorme sensibilidad. Así, para una pieza que pesa solamente algunas decenas de gramos y cuya actividad total no pasa de algunos mil curios, se llegan a medir desgastes cuya masa es del orden de 1 μ g.

En estas condiciones, para desgastes medios del orden de 1 mg. h. es posible realizar ensayos de corta duración, que no pasan de algunas horas frente a los métodos clásicos que duran varios días. Hay, pues, un ahorro considerable de tiempo y dinero.

Por otro lado, esta disminución en la duración del ensayo, permite realizar un gran número de pruebas sobre una misma pieza, sin que su estado mecánico se altere sensiblemente. Asimismo, como las medidas que se realizan no precisan el desmontar la máquina, se puede obtener una buena reproductividad. Por último, hay que señalar que el desgaste medido, no puede provenir más que de la pieza irradiada y no de otras que puedan tener la misma composición, por lo cual la selectividad es perfecta.

La aplicación clásica de este método consiste en hacer pasar el aceite que proviene del carter y que después se recicla, delante de un detector Geiger o de un contador de centelleo, cuyas indicaciones medidas por un integrador se registran de manera continua. De esta forma se obtiene la variación e función del tiempo del desgaste acumulado en la carga de aceite de la instalación (figs. 10 y 11).

Numerosos laboratorios de sociedades petrolíferas y fabricantes de automóviles, han aplicado esta técnica, con lo que han logrado reunir en algunos años informaciones de gran interés sobre el mecanismo de desgaste de los segmentos y los medios de reducirlo.

Para obtener resultados útiles, deben tomarse ciertas precauciones. Entre ellas, es preciso evitar que ciertas fracciones del desgaste puedan ser retenidas en los depósitos que se forman en los motores y que posteriormente pasan de golpe al aceite de circulación; de lo contrario, es necesario tener en cuenta indirectamente estas fracciones cuya importancia varía según el tipo de aceite. También hay que considerar la fracción del desgaste que pueden arrastrar los gases de la combustión.

Más recientemente se ha empleado un procedimiento modificado del anterior que permite medir el desgaste instantáneo en lugar del desgaste acumulado y que consiste en operar con dos contadores. Uno para medir la actividad del aceite que alimenta los segmentos, y otro para el aceite de recorte, diferenciando de manera continua las dos actividades.

Por este medio se puede mejorar la sensibilidad y seguir fielmente la menores variaciones en el desgaste. Esto presenta un interés particular e

los estudios sobre rodaje y en aquellos relativos al desgaste de salida, que afecta a todos los mecanismos cuando pasan del reposo al movimiento.

La mayor parte de las investigaciones se han realizado en segmentos de fundición ordinaria, en la que el elemento radiactivo principal es el hierro-59. En otros casos se ha trabajado sobre segmentos cromados en la periferia y se ha estudiado simultáneamente por espectrografía gamma el desgaste de la cara cromada y el de las partes superior e inferior de fundición.

Además de los segmentos de los pistones, se han activado para su estudio otras muchas piezas de los motores, entre ellas las camisas de los cilindros de fundición o cromadas, cojinetes (en los que se utiliza el antimonio-124 como indicador), resortes de válvulas y dientes de ruedas.

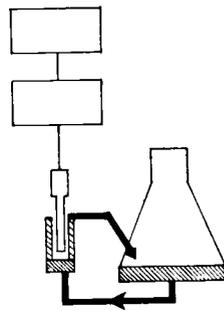


Fig. 10.

Hay que hacer notar que algunos de estos estudios se han llevado a cabo directamente en motores sobre vehículos en movimiento, y si bien es verdad que el control de muchos parámetros que pueden influir sobre el desgaste es entonces más difícil que en el laboratorio sobre el banco de pruebas, no es menos cierto que se puede entrar mejor en conocimiento de aquellos fenómenos que se presentan en la práctica corriente.

La autorradiografía de la parte de metal transferido de una pieza a su antagonista, completa la información suministrada por la medida del desgaste dispersado en el aceite.

Como ya hemos indicado anteriormente, aunque una gran parte de estos estudios se han realizado sobre el desgaste de los motores, también se han beneficiado de esta técnica otros muchos mecanismos. A continuación, citamos algunos de ellos.

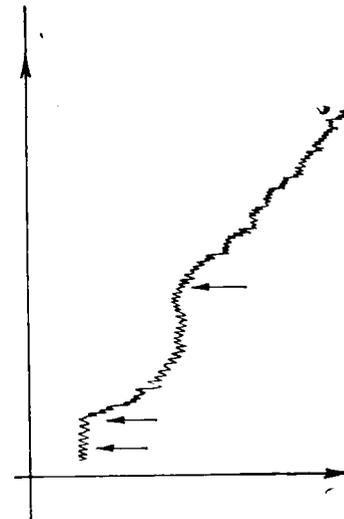


Fig. 11.

El estudio de engranajes por irradiación directa o por recubrimiento electro-lítico de un isótopo radiactivo (cinc-65).

El desgaste de las herramientas de corte y la puesta a punto de los «aceites de corte» por autorradiografía de las virutas o por activación de la pieza fabricada.

El desgaste de las hileras para trefilado mediante activación de dicha hilera y el estudio del metal transferido sobre el tirado por autorradiografía o también por recubrimiento electro-lítico del isótopo radiactivo (cinc-65) sobre el metal a trefilar, y del que se transfiere a la hilera.

De una manera general se puede afirmar, que o bien mediante la activación de las propias piezas (si sus dimensiones no son excesivas), incorporando a su fabricación un indicador radiactivo, o por aplicación electro-lítica de un revestimiento activo, se puede estudiar el desgaste directamente por contaje de las partículas dispersadas en el lubricante o indirectamente por la medida de la transferencia de metal por autorradiografía.

Problemas de lubricación y de carburación.

Entre los muchos ejemplos que podrían considerarse, vamos a citar algunos de ellos.

Carburación: Formación de depósitos en las cámaras de combustión de los motores.

Se sabe que la combustión en los motores de los carburantes y de ciertas fracciones de lubricantes que pasan a la parte superior del pistón, tienden a constituir depósitos que afectan al intercambio térmico con las paredes y disminuyen las cualidades y características del motor, a la vez que pueden producir accidentes e interrupciones. Al igual que para las pruebas clásicas de desgaste, los ensayos de manchado de grasa son largos y onerosos y necesitan que se desmonte el motor después de los mismos para inspeccionar y valorar los depósitos.

Para salvar estos inconvenientes, se han propuesto y puesto a punto diversos métodos.

Así, por ejemplo, se pueden determinar las tendencias relativas de los distintos carburantes o fracciones de éstos o de los lubricantes para constituir depósitos. Para ello, se marca el carburante con carbono-14, y la medida relativa de la actividad de los depósitos nos proporciona información sobre el papel jugado en su formación por el constituyente marcado.

Se utiliza idéntico procedimiento para estudiar el ensuciamiento debido a la presencia en los carburantes del plomo tetraetilo que actúa como agente

antidetonante. En este caso, se pueden marcar con carbono-14 los radicales etilo o el propio plomo.

Otros métodos permiten conocer el espesor de los depósitos en cada momento de la prueba sin tener que desmontar el motor. La cámara de combustión lleva una fuente radiactiva desmontable (cobalto-60 o azufre-35) situada en su cara interna, y después de efectuado el depósito a lo largo de la fuente, se mide el espesor del mismo por absorción de la radiación emitida por la referida fuente.

Grado de formación de SO₂ en los motores Diesel.

Para este estudio se añade al gas-oil sulfuro de dibutil marcado con azufre-35, con lo que se pueden obtener datos de la acumulación en el motor de los productos sulfurados procedentes de la combustión.

Reparto de la mezcla carburada en los diferentes cilindros.

Para ello, se marcan los carburantes con carbono-14 y con llaves de paso sobre las aberturas tubulares de escape, se pueden tomar muestras del gas de combustión. Posteriormente se separa el CO₂ que contiene, y se mide su radiactividad con una cámara de ionización y un electrómetro.

Mecanismos de oxidación y de combustión de hidrocarburos.

Recientemente se han realizado trabajos con hidrocarburos marcados con carbono-14 para estudiar la cinética y el mecanismo de las reacciones de oxidación y combustión.

Lubricación. Mecanismo de la acción de aditivos de lubricación.

Se sabe que los aditivos de lubricación que tienen propiedades de untuosidad o extrema presión, dan lugar a la formación de partículas superficiales sobre las zonas metálicas de fricción.

Marcando diversos aditivos, se puede determinar qué constituyentes juegan un papel importante en la formación de esta película, al mismo tiempo que saber si son el resultado de una absorción física (uniones polares) o química (reacción con el metal), estudiar su resistencia a la acción de los disolventes químicos o a los soportes mecánicos, definir las condiciones mecánicas o térmicas necesarias para su establecimiento, etc.

Se han realizado numerosos trabajos con aditivos del género ácidos grasos marcados con carbono-14, aditivos sulfurados marcados con azufre-35, fosforados marcados con fósforo-32 y sales de cinc marcadas con cinc-65.

Medidas de consumo de aceite.

Por los métodos convencionales sólo se realizan medidas muy imprecisas y teniendo en cuenta que se efectúan intercambios de los distintos constituyentes en todo momento entre el aceite y el carburante al nivel de los segmentos, se comprende que la determinación de los valores reales del consumo de aceite sea penosa e incómoda.

El problema se puede resolver de manera elegante empleando aceite algunos o todos de cuyos constituyentes estén marcados con carbono-14 tritio.

Se toman muestras gaseosas durante el funcionamiento en el escape y la válvula de aspiración del carter, se realiza su combustión completa y mide la actividad del agua de combustión después de condensada.

Este método es muy preciso y rápido, y permite estudiar la influencia sobre el consumo de fenómenos transitorios, como la detonación y el autencendido.

Detección de fugas del refrigerante.

En la práctica, es difícil a veces conseguir una estanqueidad perfecta en la culata y el bloque del motor, con las consiguientes fugas de refrigerante que aunque sean débiles y no puedan detectarse por simple inspección de unión de la culata, no por eso dejan de contribuir a impurificar o a degradar el aceite de engrase.

Si se marca el refrigerante con un isótopo adecuado y después se mide la radiactividad del aceite, se puede determinar si existen o no fugas. Como complemento, la radiografía de la unión y de los planos de junta, puede poner de manifiesto el camino preferencial seguido por la fuga y demostrar sus causas.

QUÍMICA DEL PETRÓLEO

En este apartado, no abordaremos el campo de la Radioquímica, es decir, la acción de las radiaciones sobre las reacciones químicas, sino solamente estudiaremos algunas aplicaciones clásicas dentro del análisis químico del estudio de los mecanismos de la reacción.

Análisis

Determinación del hidrógeno por absorción de rayos beta.

Como es sabido, la atenuación de los rayos beta en la materia depende de la masa absoluta y de la composición química del material absorbente. Para los elementos más ligeros es casi independiente de la composición, puesto que la interacción principal de los rayos beta se efectúa con los electrones, y el número de éstos por gramo de materia es, aproximadamente, el mismo. La atenuación de los rayos beta varía, por lo tanto, aproximadamente, como $\frac{Z}{A}$, donde Z es el número atómico y A el peso atómico. Para los ele-

mentos ligeros incluyendo el carbono, nitrógeno y oxígeno, $\frac{Z}{A}$ se aproxima a $\frac{1}{2}$. Para elementos más pesados $\frac{Z}{A}$ difiere de $\frac{1}{2}$ y las restantes interacciones alcanzan mayor importancia, de tal manera que la atenuación aumenta un poco. El hidrógeno, sin embargo, es el único que posee una densidad electrónica, $\frac{Z}{A} = 1$, aproximadamente dos veces mayor que la de los otros elementos con los cuales se encuentra de ordinario. Este hecho constituye el fundamento del análisis del hidrógeno. El porcentaje en peso de este elemento en los hidrocarburos líquidos, puede calcularse a partir de medidas de absorción de rayos beta y de la densidad, utilizando curvas de calibrado obtenidas con hidrocarburos puros. Deben efectuarse pequeñas correcciones para tener en cuenta la presencia de nitrógeno, oxígeno, azufre y otros elementos.

Existen distintos dispositivos para realizar esta medida. Uno de ellos consiste en el empleo de dos cámaras de ionización con el consiguiente instrumento de medida para trabajar en oposición de corrientes. Las dos cámaras reciben radiación de una fuente única de 10 milicurios de estroncio-90. Frente a una de las cámaras se dispone una cuña absorbente constituida por la célula con la muestra patrón, llevándose la escala de medida a la posición de equilibrio. Después se coloca la célula con la muestra a analizar enfrente de la otra cámara, con un contenido aproximado de 10 cm³. La determinación se puede realizar en algunos minutos con una precisión de 0,03 por 100 de hidrógeno, que es bastante mayor que la que se obtiene mediante los métodos comunes de combustión (0,05 por 100 — 0,1 por 100 de hidrógeno) y, aproximadamente, cinco veces más rápida.

Otros equipos utilizan dos fuentes de estroncio-90 de 25 milicurios, dos cubetas de líquido y dos cámaras de ionización. Durante el funcionamiento una de las cubetas se llena con el líquido de referencia, mientras que la otra contiene la muestra desconocida. La diferencia entre las dos corrientes se amplifica y registra. El calibrado se efectúa con líquidos de composición conocida.

Determinación del hidrógeno por absorción de rayos gamma.

En la absorción por rayos gamma de energía elevada por los hidrocarburos y sus impurezas más comunes constituidas por elementos ligeros como el azufre, nitrógeno y oxígeno, no actúan los procesos fotoeléctricos y de formación de pares, debiéndose la absorción enteramente al efecto Compton. Como la dispersión es proporcional a la densidad electrónica del átomo, $\frac{Z}{A}$, se encuentra la misma particularidad del hidrógeno, tanto para los rayos gamma como para los rayos beta. El coeficiente de absorción de masa para el hidrógeno es, aproximadamente, dos veces mayor que el de los restantes elementos ligeros, para energías de los rayos gamma comprendidas entre 0,5 MeV y unos 3 MeV, que es, prácticamente el límite superior que se puede alcanzar con los isótopos radiactivos. Utilizando esta propiedad se han perfeccionado métodos análogos a los descritos anteriormente para los rayos beta, pero utilizando emisores de rayos gamma duros, como el cobalto-60 y el cesio-137. El isótopo suele ir dispuesto dentro de un recipiente blindado que sirve para reducir el fondo de radiación dispersa. Efectuando los calibrados con hidrocarburos puros, puede establecer una relación lineal entre el logaritmo de la velocidad de conteo y el parámetro $\frac{d(1 + W_H)}{2}$, en el cual d es la densidad y W_H la fracción en peso de hidrógeno.

Si se emplea una radiación suficientemente penetrante, el método se puede utilizar igualmente para la determinación del hidrógeno en sistemas cerrados, tales como los circuitos de la refinación.

Determinación del azufre.

La técnica que se emplea en este caso está basada también en la diferencia del poder de absorción de los elementos ligeros que constituyen normalmente los hidrocarburos, en relación con el de elementos más pesados, como el azufre. Este último absorbe particularmente los rayos X de longitud

onda comprendida entre 0,5 y 5 Å, por lo cual se han empleado numerosos aparatos de esta clase con el intervalo de longitudes de onda citado. Para una longitud de onda de 0,53 Å, los coeficientes de absorción de masa del carbono y del hidrógeno son iguales, y la atenuación es independiente de las variaciones del contenido de estos elementos. Para otras longitudes de onda, debe tenerse en cuenta la composición de carbono y de hidrógeno. Deben efectuarse siempre correcciones cuando existan porcentajes superiores a algunas centésimas de otros elementos. Se ha podido realizar el análisis de trazas en cinco minutos, con una precisión del orden de 0,05 por 100 (sulfurímetro Shell).

Se ha efectuado un progreso interesante, con el reemplazamiento de la instalación de rayos X por un equipo de isótopos radiactivos con una fuente de hierro-55, que tiene un período de semidesintegración de 2,9 años, que emite radiación beta de captura K cuya energía de 6 KeV se absorbe selectivamente. Para esta energía los coeficientes de absorción de masa del carbono y del hidrógeno son respectivamente de 10 y 0,5 cm²/g., mientras que el del azufre es mucho mayor, 200 cm²/g. Debe conocerse el contenido en carbono hidrógeno de la muestra medida. Más recientemente se ha utilizado la radiación bremsstrahlung, que, como se sabe, se emite cuando se somete un cuerpo al bombardeo de las partículas beta. Como fuente emisora de estas partículas se usa el tritio, con un período de semidesintegración de 12,3 años, que da una radiación de bremsstrahlung de una longitud de onda media de 2 Å. Este método se muestra como menos costoso y más práctico, gracias al largo semiperíodo del tritio para las medidas de rutina.

El empleo de los isótopos radiactivos ofrece ciertas ventajas con respecto a los tubos de rayos X de alta tensión, y a su equipo electrónico asociado. Entre ellas, se encuentra el poder prescindir de toda fuente de alimentación y el alcanzar una constancia de intensidad de la radiación sin tener que recurrir a la regulación de la tensión y de la intensidad, lo que permite reducir el volumen y simplificar el equipo, en general.

Heighes y Wilczaswki utilizaron un equipo adecuado para este análisis en el intervalo de concentraciones de 0,05 por 100 a 3 por 100 de azufre, empleando una fuente de 4 milicurios de hierro-55, con posibilidad de movimiento de la fuente con respecto al tubo Geiger para compensar la desintegración radiactiva. La cubeta que contiene la muestra con capacidad de 1,5 cm³, va dotada con ventanas delgadas de berilio. La densidad de la muestra se determina por separado. El porcentaje de azufre se calcula a partir de la densidad, de la razón carbono-hidrógeno y de la velocidad de conteo de la muestra, utilizando los poderes absorbentes del carbono, del azufre y del hidrógeno, medidos con patrones en el mismo equipo. El tiempo de realización del análisis es de unos minutos y su precisión es comparable a la del método de combustión del azufre.

Fries perfeccionó un equipo similar para la medida del contenido de azufre de la gasolina de cracking térmico. Este equipo es robusto y semiautomático, con el fin de que pudiera ser utilizado por personal no técnico de refinería. Para efectuar el análisis del azufre, la muestra se vierte en un erlenmeyer y se hace funcionar el medidor apretando un botón. Mientras se cronometra automáticamente un número fijo de impulsos, se efectúa una lectura con el resto de la muestra en un hidrómetro. Después de parado el cronómetro, se combinan las lecturas de éste, del hidrómetro y la fecha, en un monograma simple que indica el porcentaje del azufre. Los análisis tienen una reproductividad del 0,01 por 100 y una precisión total aproximada de 0,02 por 100.

Análisis del plomo tetraetilo.

Se utilizan técnicas similares, pero empleando rayos X de 40 KeV, que son absorbidos selectivamente por el plomo.

Uno de los métodos que se usan está basado en excitar las rayas K del plomo mediante la radiación beta. Para ello, se precisan un emisor beta puro (estroncio-90 + itrio-90) y un detector sensible a los rayos gamma emitidos por el plomo.

Investigación de algunos elementos por radioactivación.

Los hidrocarburos no se activan normalmente hasta un grado sensible por irradiación en los reactores nucleares. Por el contrario, si contienen impurezas, algunas de éstas pueden activarse fuertemente. Este es el caso, en particular, del sodio y del cloro, que sometidos a la irradiación neutrónica se convierten en el sodio-24 y el cloro-38, con lo que pueden determinarse las concentraciones de 0,001 p. p. m., gracias a la radiación que emiten.

Estudio del mecanismo de las reacciones

La utilización de los radioelementos en este campo, es posible gracias a que los isótopos radiactivos de un elemento dado tienen, prácticamente, las mismas propiedades químicas. Una molécula con uno de sus átomos radiactivos, se comporta en una reacción química exactamente igual que una molécula no marcada.

De lo expuesto se deduce que se puedan seguir fácilmente tales moléculas en el curso de la reacción, aunque su complejidad sea grande. Toda

se pueden obtener datos más precisos, marcando las moléculas de una manera específica en un cierto punto de su estructura.

En el dominio de la Química Orgánica las principales dificultades provienen de que los isótopos que se emplean, el carbono-14 y el hidrógeno-3 o tritio, que tienen un período de semidesintegración suficientemente largo, emiten radiación beta de energía muy débil, por lo que su utilización quedará necesariamente reducida a ensayos delicados de laboratorio.

Se han realizado numerosos estudios en este campo, entre los que cabe citar la síntesis de Fischer-Tropsch.

Emment y sus colegas, efectuaron un estudio exhaustivo de los mecanismos de la reacción de esta síntesis de los hidrocarburos superiores a partir de monóxido de carbono y de hidrógeno. Mediante la utilización de carbono-14, estos investigadores refutaron la teoría del carburo metálico y confirmaron la existencia de un compuesto oxigenado intermedio en la reacción. Posteriormente Fletcher y Gibson estudiaron también este problema.

La interacción de los radicales hidrocarbonados y de los oxigenados fue estudiada con hidrógeno, etileno y monóxido de carbono-14. A partir de las medidas de la actividad específica, se demostró que un átomo de cada seis o siete derivaba del monóxido de carbono entre los productos parafínicos y olefínicos que tienen entre 4 y 10 átomos de carbono en sus cadenas. La distribución de la radiactividad entre los diferentes átomos de carbono del propileno producido en la reacción, fue también estudiada para investigar si tenía lugar una concentración de la radiactividad en alguna posición determinada. El átomo de carbono central tenía una actividad despreciable, mientras que los átomos terminales poseían actividades elevadas, en especial, el átomo de carbono del grupo metilo. Estos resultados probaron que el monóxido de carbono reacciona para formar propileno por adición directa del etileno. Toda la actividad está concentrada inicialmente en una posición, pero se observa que un retroceso migratorio de un átomo de hidrógeno a lo largo de una cadena de carbonos, origina un desplazamiento del doble enlace, que determina la aparición de la actividad en ambos terminales.

Otros estudios realizados, se refieren a modificaciones catalíticas. En este sentido, Kilher, Turner y Warne, investigaron minuciosamente la isomerización catalítica de los cicloalcanos con diversos catalizadores. Aunque el fin primordial de los trabajos fue mejorar los métodos de preparación de compuestos aromáticos con anillos marcados con carbono-14, también se obtuvieron datos muy valiosos sobre el mecanismo de la reacción. Se realizaron experimentos con marcado doble utilizando carbono-13 y carbono-14 en la misma molécula. Los productos de la reacción se degradaron completamente para determinar la distribución de ambos isótopos. Se obtuvo metilciclohexano marcado con carbono-14 en el grupo metilo (a partir del cual puede obtenerse tolueno por deshidrogenación), mediante una isomerización

del α -carbono-13, β -carbono-14 etilciclopentano, en condiciones moderadas como las que resultan del empleo de AlCl_3 a 0°C , o de H_2SO_4 a 100°C , o a 25°C . El carbono alfa se encuentra enteramente en el anillo, el carbono beta totalmente en el grupo metilo. En condiciones más extremas como AlCl_3 a 100°C , tanto el carbono-13 como el carbono-14 se tribuyen al azar entre los grupos metilo y los átomos de carbono del anillo.

Sobre un catalizador de óxidos de cromo y de aluminio a 500°C , el ciclohexano marcado se convierte directamente en tolueno, pero la reducción de los carbonos alfa y beta es más compleja. El carbono alfa se encuentra principalmente en el anillo; el carbono beta, de preferencia en el grupo metilo.

El modo de formación de ciclos del heptano, sobre un catalizador de óxidos de cromo y de aluminio, fue investigado por Wheatcroft, Tolbert y Powell, utilizando hepteno-1, marcado en la posición 1 con carbono-14. Encontraron, aproximadamente, dos tercios de dicho isótopo en el anillo y un tercio en el grupo metilo del tolueno producido.

La conversión de los naftenos en hidrocarburos aromáticos por reacción de modificación catalítica, fue estudiada por Fries en una planta piloto con carbono-14. El metilciclohexano marcado con este isótopo en el grupo metilo, se añadió a 500 cm^3 de una solución standard de alimentación de tolueno, que posteriormente pasó por un catalizador de óxidos de molibdeno y aluminio en una planta piloto. La solución alimentadora consistía principalmente de metilciclohexano, dimetilciclopentano y n-heptano con pequeñas cantidades de otros naftenos y parafinas. En los productos de la reacción la actividad del carbono-14 se encontró principalmente en el tolueno y en los xilenos, pero también en el coque y en los gases parafínicos ligeros, como en otras parafinas, naftenos y productos aromáticos. Basándose en las determinaciones de la actividad específica del metilciclohexano originado en el tolueno y metilciclohexano recuperados, se demostró que solamente la mitad del tolueno provenía del metilciclohexano, mientras que el resto procedía de los dimetilciclopentanos, debido a que el catalizador permanecía activo en el deshidrociclado del heptano a tolueno. Se encontró carbono-14 en el benceno y en el anillo bencénico del tolueno, lo que indica una cicloisomerización. Los dimetilciclopentanos recuperados contenían muy poca actividad, mientras que el metilciclohexano que se obtuvo tenía la misma actividad específica que al comienzo de la experiencia. La interpretación de estos resultados indicó que, en las condiciones de la reacción, existía una muy poca isomerización de metilciclohexano a dimetilciclopentanos. Si bien el metilciclohexano era un producto intermedio en la producción de tolueno a partir de los dimetilciclopentanos, el metilciclohexano formado no existía en estado libre, sino que más bien el producto intermedio absorbido era el hidrogenado rápidamente a tolueno sobre el catalizador.

El mecanismo de la formación de coque en las conversiones catalíticas de los hidrocarburos, ha sido otro de los temas sobre el que se realizaron estudios. Mc Mahon, demostró que todos los átomos de carbono en el heptano, octano y octeno marcados en posiciones diferentes con el carbono-14, participan igualmente en la formación de coque durante el craking. Este resultado indica que algunas de las moléculas adsorbidas permanecen sobre la superficie del catalizador donde tiene lugar un proceso de deshidrogenación y de polimerización para formar coque. En el estudio del metilciclohexano efectuado por Fries, se descubrió que el átomo de carbono del grupo metilo, poseía sólo la mitad de la tendencia a formar coque demostrada por los otros átomos de carbono en la mezcla de la alimentación estudiada. Las medidas de la actividad específica del coque depositado sobre un catalizador de sílice-alúmina durante la transferencia de átomos de hidrógeno de los naftenos a las olefinas, estudiada por Blue y Engle con buteno marcado con carbono-14, demostró que los naftenos contribuyen en gran parte a la formación de coque, y que la tetralina forma más fácilmente depósitos de coque que la decalina. El efecto del tamaño de grano del catalizador sobre las reacciones catalíticas, fue estudiado también por Blue y sus colaboradores con buteno marcado con carbono-14. Se midió la actividad de este último isótopo en el coque depositado a profundidades diversas en lentejas de óxidos de cromo y de aluminio, y se demostró la efectividad relativamente baja de las partes interiores.

Para finalizar dedicaremos unas líneas a la transferencia de hidrógeno. Las reacciones de isomerización han sido estudiadas, tanto con carbono-14 como con hidrógeno-3. Powell y Reid, descubrieron que existía un gran intercambio de hidrógeno entre el HCl y el hidrocarburo en la isomerización de los butanos sobre un catalizador de $AlCl_3$, pero muy poca entre el hidrógeno y el butano. Turkevich y sus colaboradores relacionaron la migración del doble enlace en el sistema del buteno-1 y del buteno-2 con el intercambio del tritio desde el catalizador a estos hidrocarburos. Los mismos catalizadores eran activos para ambas reacciones, siendo comparables las velocidades de los dos procesos.

Stewart y Harman descubrieron un rápido intercambio de átomos de hidrógeno durante la alquilación del isobutano y del buteno-2 sobre ácido sulfúrico tritiado. El intercambio tuvo lugar antes de la reacción de alquilación. La cinética de las reacciones directa e inversa en la isomerización catalítica del butano sobre $AlBr_3$, ha sido estudiada por Otvos y sus colaboradores con butano e isobutano marcados con carbono-14.

Los ejemplos precedentes de estudios realizados con indicadores radiactivos, constituyen sólo un aspecto de las múltiples posibilidades en este campo. A no dudarlo, en un próximo futuro el número de aplicaciones tanto

industriales como de investigación aumentará mucho más, lo que permitirá tanto un ahorro de tiempo como de dinero. Por otra parte, sin el empleo de los isótopos radiactivos, no se pueden realizar ciertas medidas que conducen a un mejor proceso de elaboración.

BIBLIOGRAFÍA

- FOX, S. C.: *Les isotopes radioactives permettent de reconnaître les eaux souterraines*. «Pu Wors en U. S. A.» (enero 1952), pp. 57-8.
- MONTENS: *L'emploi d'isotopes radioactifs pour la mesure des courants et des vitesses*. «G. F. De D.» (15 julio 1952), n.º 14, pp. 411-6.
- HULL, MACOMBER, EASTHOVEN: *Mesure des débits à l'aide de traceurs radioactifs*. «Sew and Industrial Wastes». En U. S. A. (enero 1959), pp. 45-52.
- EDE, GYOZO: *Etude des courants souterrains à l'aide des traceurs radioactifs et chimiq.* «Hidrologiá Kozlony Ma-H» (1957), n.º 144-56.
- NEUMAIER, F.; MOSER, H.: *Sur une utilisation des isotopes radioactives en hydrolo.* «G. W. F. De-D» (26 junio 1959), 100, n.º 26, pp. 657-59.
- BUTLAR, H.; WENDT, I.: *Ground water studies in New Mexico using tritium*. Vol. 39 (19 pp. 660-668).
- HOURS, R.: *Application de la radioactivité à l'hydraulique souterraine*. Société Hydrotechnique de France. VI Reunión de Hidráulica (Nancy, 1960).
- KAUFMAN, ORLOB: *Mesure du mouvement de l'eau souterraine avec des traceurs radioactifs et chimiques*. «J. A. W. W. A.» (mayo 1956), n.º 6.559-72, U. S. A.
- JEFFERSON, CAMERON, WILDBLOOD y PUTMAN: *Leak detection in water means using radioisotopes*. «A. E. R. E. Report», I/R 1.693.
- MONICARD y DUMAS: *Radioactivité des roches sédimentaires du Pétrole brut et des eaux gisement*. «Rev. I. F. P.», VII, n.º 4, p. 96.
- TIRATSOV: *Radioactivity. Well-logging*. «Petroleum», 11, p. 2, 1948.
- DOLL-SCHWEDGE: *Radioactive markers in oil field practice*. «Petrol. Techn.», 10 septiem pp. 1-10 (1947).
- BIEDEKMAN: *Isotopes trace pigs in pipe-lines*. «Oil and Gas Journal», 15 diciembre, p. (1952).
- HULL: *Total count technique in the Refinery*. «Industrial and Engineering Chemistry», febrero 1958, pp. 36-40.
- JACKSON: *Laboratory and field recartest using radioactive tracers*.
- SHORE y OCKEFT: *Combustion chamber deposits. A radiotracer study*. «Paper SAE Summer Meet Atlantic City», n.º 5, junio 27 (1957).
- NALBRANDYAN: *A kinetic tracer method for studying the formation of intermediate products in hydrocarbon oxidation*. «Paper Int. Conf. Radioisotopes in Scientific Research». U. Educational Scientific and Cultural Organisation, Paris, Sep. 920 (1957).
- VINOGRADOV, KUSACOV y ALT.: *Investigation of the Mechanism of action of organothiophorus oil additives by means of radioactive tracers*. «Khim Technol Toplivia», n.º (1956).
- D. E. HULL y B. A. FRIES: *Los radioisótopos en el refino, investigación y análisis del petróleo*. Primera Conferencia de Usos Pacíficos de la Energía Atómica. Ginebra, 1955.
- COOK: *Adsorption of radiolabeled 2-hydroxystearic acid from solution onto solid surface*. Symp. on Chemistry of Friction and Wear. «Am. Chem. Society Meet.», Chicago, diciembre 7-12 (1958).

Recibido el 8-2-1965.

JOSE M.ª F. BECERRIL (1)

ESTUDIO DE CONCENTRACIONES DE LOS MINERALES
DE HIERRO DE LA MINA «SAN CARLOS»
DE «MINERA DEL ANDEVALO, S. A.»

RESUMEN

Prosiguiendo el estudio de concentración de los minerales de hierro nacionales, damos cuenta en este trabajo del efectuado sobre los minerales de la mina «San Carlos», de Jerez de los Caballeros (Badajoz), de Minera del Andévalo, S. A., situada dentro de la zona mirera de hierro del SO. de España, que comprende las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla.

El estudio, realizado en el Departamento de Concentración y Preparación Mecánica de Minerales del Instituto Geológico y Minero de España, ha puesto de manifiesto la posibilidad de efectuar satisfactoriamente la concentración de estos minerales utilizando procedimientos de separación magnética, consiguiéndose, mediante el empleo de molindas del orden de 0,10 mm., la obtención de concentrados del 70 por 100 Fe con rendimientos superiores al 75 por 100.

Estos resultados creemos son de gran interés, pues indican la posibilidad de concentración de otros minerales de hierro similares de la citada zona.

SUMMARY

Prosecuting the study of national iron ores, we give in this paper the work carried out upon the ores of «San Carlos» mine from Jerez de los Caballeros (Badajoz) belonging to Minera del Andévalo, S. A. in the iron ore zone SO. of Spain.

The study has been done in the Ore Dressing Department of the Instituto Geológico y Minero de España and the results obtained prove that the concentration is satisfactorily done using magnetic separation, and grinding the ore at 0,10 mm. The grade of concentrates obtained is 70 % Fe and the recovery is higher than 75 %.

These results are very interesting because they show the possibility of concentration of other similar iron ores in the zone.

OBJETO DEL ESTUDIO

A petición de la Sociedad Minera del Andévalo, S. A. (2), el presente estudio ha sido efectuado con objeto de determinar el mejor sistema c

(1) Jefe del Departamento de Concentración y Preparación Mecánica de Minerales del Instituto Geológico y Minero de España.

(2) La publicación de este trabajo ha sido autorizada por la Sociedad Minera del Andévalo, S. A., a quien expresamos por ello nuestro más sincero reconocimiento.

concentración que deberá emplearse con los minerales de hierro de la mina «San Carlos» de la citada Sociedad, para obtener un producto de la máxima ley en este metal.

LA MUESTRA

La muestra recibida sobre la que se ha llevado a cabo este estudio se compone de 1.500 kg. de mineral y venía envasado en 25 cajas de madera.

El mineral viene en tamaños variables comprendidos entre 0 y 250 milímetros, predominando los gruesos.

Según se nos comunica, la muestra puede tomarse como representativa del mineral que se desea concentrar industrialmente.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MINERAL

El análisis químico efectuado sobre una muestra media tomada del conjunto del mineral recibido, ha dado el siguiente resultado:

	<i>Por ciento</i>
Fe ₂ O ₃	41.94
FeO	26.24
Fe	49.77
Mn	0.89
SiO ₂	13.60
Al ₂ O ₃	4.32
CaO	0.34
MgO	0.08
S	0.13
P	0.03

La ley en hierro del mineral, según la media de los distintos análisis efectuados en el transcurso de los ensayos de concentración, es de 50,48 por 100.

ESTUDIO DEL MINERAL

Del examen macroscópico del mineral y de su posterior estudio al microscopio, en el que se ha comprobado que la mineralización principal está constituida por magnetita, se deduce que éste debe ser considerado como una mena de hierro de tipo magnético.

El mineral presenta coloración pardo-rojiza, siendo su compacidad y dureza de tipo medio.

El aspecto rojizo se debe a la presencia de óxidos de hierro (hematite) procedentes de la alteración de la magnetita.

El estudio al microscopio indica que las principales especies mineralógicas que integran el mineral son: magnetita, cuarzo y anfíbol, éste con tránsito a clorita. También existe una pequeña proporción de hierro hematítico que se presenta de preferencia en las fisuras y diaclasas del mineral.

La estructura del mineral es de tipo granudo y la magnetita se presenta en forma de pequeños cristales o gránulos muy diseminados en la ganga. El tamaño de estos gránulos está comprendido entre 0,08 mm. y 1 mm.

GRADO DE MOLIENDA NECESARIO

Dado el pequeño tamaño en que se presenta la magnetita y la granulación de ésta en la ganga, el grado de molienda necesario para llevar a cabo su liberación deberá ser bastante intenso.

De acuerdo con las mediciones de granos efectuadas al microscopio, de los resultados obtenidos en los ensayos de concentración magnética que se indican más adelante, estimamos que, en la práctica, será preciso emplear molineras del orden de 0,10 a 0,15 mm., o sea, de 100 a 150 mall «Tyler».

ENSAYOS DE CONCENTRACIÓN

Teniendo en cuenta las diferencias de densidad y permeabilidad magnética entre la magnetita y la ganga, los procedimientos que cabe emplear para la concentración del mineral pueden ser de dos clases: gravimétricos y magnéticos.

Para determinar los resultados que podrán obtenerse en la práctica con empleo de estos procedimientos, se ha procedido a efectuar una serie de ensayos en la forma que se indica a continuación:

a) *Ensayos de concentración gravimétrica*

Aun cuando existe una notable diferencia de densidad entre la magnetita (5,17) y la ganga (2,65), el empleo de procedimientos gravimétricos con este tipo de mineral estimamos no ha de ser eficaz a causa de la gran finura que es preciso moler para liberar la especie que se quiere concentrar.

Para confirmar esta suposición se ha procedido a efectuar un ensayo partiendo del mineral molido a 0,25 mm. y tratándola en mesa Wilfley.

Los resultados obtenidos en este ensayo han sido los siguientes:

Productos	% Peso	Fe % Ley	% Rendimiento
Concentrado (1. ^a fracción).....	8,92	69,44	12,02
Concentrado (2. ^a sección).....	15,70	67,44	20,55
Mixtos	15,95	61,33	18,99
Estéril	48,47	44,44	41,80
Lamas	10,96	31,22	6,64
	100,00	51,52	100,00

Si se unen las dos fracciones del concentrado se obtiene un producto con un peso de 24,62 por 100, una ley de 68-16 por 100 Fe y un rendimiento de 32,57 por 100.

Si se unen las dos fracciones del concentrado y los mixtos, se obtiene un producto con un peso de 40,57 por 100, una ley de 65,47 por 100 Fe y un rendimiento de 51,56 por 100.

Como puede verse, el empleo de concentración gravimétrica en mesa permite elevar notablemente la ley del mineral, pero los rendimientos son muy bajos.

La causa de no poder obtener concentrados de mayor ley y mejores rendimientos se debe, principalmente, a que el grado de molienda empleado no ha sido suficiente para liberar la magnetita.

El empleo de este procedimiento con molindas más finas no resulta eficaz, por las inevitables pérdidas de mineral en las aguas de lavado y por su reducida capacidad de tratamiento y por ello debe desestimarse.

b) Ensayos de separación magnética

Para determinar los resultados que con el empleo de separación magnética podrán obtenerse en la práctica, se han efectuado diversos ensayos en la forma y con los resultados que se indican seguidamente.

Los ensayos se han llevado a cabo empleando molindas de 0,50 milímetros, 0,25 y 0,15, y la operación de concentración se ha efectuado en una separadora magnética semi-industrial de tipo de disco para trabajar en seco.

La molienda se ha hecho en molino de bolas en húmedo.

Al no disponer, en el momento de efectuar estos ensayos, de una separadora magnética para trabajar en húmedo, que es la indicada para la concentración de este tipo de mineral, y con objeto de facilitar la operación de separación en seco partiendo de tamaños tan finos, se ha procedido a deslamar previamente el mineral, dejando sin tratar las lamas.

La operación se ha efectuado sin hacer pasar corriente por los electroima-

nes, utilizando únicamente el magnetismo remanente de la máquina. El hierro empleado ha sido de 8 mm.

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados, partiendo de los pos de molienda citados, han sido los siguientes:

A) Molienda a 0,50 mm.

Este ensayo se ha efectuado moliendo el mineral a 0,50, deslamarando, clasificando en los dos tamaños mayor y menor de 0,25 mm. y tratando cada uno de éstos en la separadora.

Los porcentajes de cada tamaño obtenidos en la molienda y deslamar han sido los siguientes:

Tamaños mm.	Peso %
+ 0,25	48,77
- 0,25	45,69
Lamas (- 0,04)	5,54
	100,00

Los resultados parciales obtenidos en la operación de separación magnética sobre cada uno de los tamaños de la clasificación han sido los siguientes:

Tamaño mayor de 0,25 mm.

Productos	Peso %	Ley Fe %	Rendimiento %
Concentrado	35,05	63,70	42,54
Mixtos	32,58	58,24	36,16
Estéril	32,37	34,52	21,30
	100,00	52,47	100,00

Tamaño menor de 0,25 mm.

Productos	Peso %	Ley Fe %	Rendimiento %
Concentrado	24,43	67,81	36,41
Mixtos	28,95	64,81	41,27
Estéril	35,82	22,27	17,54
Lamas (sin tratar).....	10,80	20,10	4,78
	100,00	45,47	100,00

El balance total de la operación de concentración sobre los dos tamaños es el siguiente:

Productos	Peso %	Ley Fe %	Rendimiento %
Concentrado	29,60	65,43	39,62
Mixtos	30,72	61,41	38,59
Estéril	34,14	27,93	19,51
Lamas (sin tratar).....	5,54	20,10	2,28
	100,00	48,88	100,00

Si se unen el concentrado y los mixtos se obtiene un producto con un peso de 60,32 por 100, una ley de 63,38 por 100 Fe y un rendimiento de 78,21 por 100.

Estos resultados ponen de manifiesto que el empleo de la separación magnética permite elevar notablemente la ley con rendimientos superiores a los obtenidos en la concentración gravimétrica.

La observación al microscopio de los distintos productos obtenidos pone de manifiesto la presencia de una considerable proporción de granos mixtos, lo que indica que la molienda empleada ha sido insuficiente.

B) Molienda a 0,25 mm.

Este ensayo se ha efectuado, moliendo el mineral a 0,25 mm. y deslamado. Los resultados obtenidos en la separación magnética han sido los siguientes:

Productos	Peso %	Ley Fe %	Rendimiento %
Concentrado	38,40	67,77	51,09
Mixtos	18,73	67,21	24,73
Estéril	31,22	29,10	17,83
Lamas (sin tratar).....	11,65	27,77	6,35
	100,00	50,93	100,00

Si se unen el concentrado y los mixtos, se obtiene un producto con un peso de 57,13 por 100, una ley de 67,59 por 100 Fe y un rendimiento de 75,82 por 100.

Estos resultados son superiores a los obtenidos en el ensayo anterior (A) y confirman la necesidad de una mayor molienda.

La comparación de estos resultados con los obtenidos en el tratamiento gravimétrico, operando con el mismo grado de molienda, ponen de manifiesto la mayor eficacia de la separación magnética.

C) Molienda a 0,15 mm.

Este ensayo se ha efectuado moliendo el mineral a 0,15 mm. y deslamado. Los resultados de la operación de separación magnética han sido los siguientes:

Productos	Peso %	Ley Fe %	Rendimiento %
Concentrado	48,70	69,66	66,08
Mixtos	7,60	65,44	9,69
Estéril	26,95	29,10	15,28
Lamas (sin tratar).....	16,75	27,44	8,95
	100,00	51,33	100,00

Uniendo el concentrado y los mixtos se obtiene un producto con un peso de 56,50 por 100, una ley de 69,09 por 100 Fe y un rendimiento de 75 por 100.

Este ensayo pone de manifiesto la eficacia del sistema de separación magnética, pues permite la obtención de concentrados de alta ley con rendimientos aceptables.

La causa de no poder mejorar los rendimientos debe atribuirse a la circunstancia de venir una parte del hierro en forma de óxidos no magnéticos (hematites) y también a no haber tratado las lamas.

El análisis químico efectuado sobre el concentrado magnético obtenido en este último ensayo ha dado el siguiente resultado:

	Por ciento
Fe ₂ O ₃	66,10
FeO	29,25
Fe	69,04
Mn	0,82
SiO ₂	4,60
Al ₂ O ₃	0,12
CaO	Indicios
MgO	Indicios
S	0,07
P	0,01

CONCLUSIONES

De todo lo que antecede y de la observación personal recogida en el transcurso de los ensayos, se deduce lo siguiente:

1.º El sistema de concentración más eficaz para llevar a cabo el enriquecimiento del mineral es el de separación magnética.

2.º El grado de molienda necesario para efectuar la liberación práctica de la magnetita es del orden de 0,10 mm.

3.º El proceso industrial de concentración deberá constar de las siguientes operaciones: trituración y posterior molienda en húmedo del mineral, en molino de bolas, hasta reducirle al grado de molienda indicado y concentración magnética, empleando separadoras de tipo húmedo.

4.º Procediendo en esta forma, se podrán obtener concentrados del orden de 70 por 100 Fe con rendimientos del 75 al 80 por 100, resultados que consideramos satisfactorios.

I. PARGA-PONDAL y J. M. LOPEZ DE AZCONA

SOBRE LA EXISTENCIA DE ELEMENTOS ESCASOS EN LOS GRANITOS DE GALICIA

RESUMEN

Se comunican los resultados logrados hace varios años aplicando métodos espectroquímicos, sobre el contenido en elementos...

Se observa una diferencia entre los granitos de distintas orogenias (Li, Be), y dentro de cada orogenia se observa también una diferenciación (Sr, Ba, Ga, etc.).

En una diorita y una pegmatita se encuentra plata en cantidad muy superior a la normal.

RÉSUMÉ

On fait connaître les résultats obtenus il y a quelques années, en appliquant des méthodes spectroscopiques, sur le contenu en éléments rares en 52 roches granitiques de la Galice (N. W. de l'Espagne).

On apprécie une différence entre les granites de différent orogenie (Li, Be) et dans chaque orogenie on voit aussi une différenciation (Sr, Ba, Ga, etc.).

Dans une diorite et une pegmatite on trouve de l'argent dans une quantité très supérieure à la normale.

SUMMARY

Here are given the results obtained several years ago, using spectroscopic methods about the content of rare elements in 52 granitic rocks of Galicia (N. W. Spain).

We observed a difference between the granites of the diverse orogenies (Li, Be) and in every orogeny a difference is also observed (Sr, Ba, Ga, etc.).

In one diorite and one pegmatite, silver is found in a higher quantity as it is normal.

INTRODUCCIÓN

Hace varios años (1957) comenzaron los autores un estudio sobre el contenido en elementos escasos de los granitos gallegos. Su objeto era, por un lado, aportar datos para el mejor conocimiento geoquímico de diferentes grupos de granitos de Galicia, y por otro, contribuir al estu-

del problema de la evolución geoquímica de la corteza terrestre considerada en conjunto (Rankama 1946). En este último aspecto los datos que entonces se poseían para los magmas graníticos no evidenciaban a juicio de los autores la existencia de una tal evolución, y si ésta existía parecía limitarse al proceso de la orogénesis.

Este estudio se suspendió a poco de comenzado, sin llegar a realizar los análisis del número de rocas previsto, por haber comprobado que la sensibilidad de muestras técnicas analíticas directas son inferiores a las requeridas por los modernos conceptos geoquímicos. Consecuencia de esta conclusión fue la iniciación de la técnica de eliminación del silicio para aumentar la sensibilidad. Con este criterio se efectuaron los análisis de nuevos grupos de muestras, trabajo actualmente suspendido, por tener que realizar otras investigaciones más urgentes.

El objeto de esta nota es dar a conocer, aunque con algunos datos preliminares, los resultados de este trabajo, por lo que pueden servir de orientación a quien desee continuar con otras técnicas y nuevos puntos de vista estos primeros ensayos.

Desde entonces, numerosas publicaciones sobre el contenido de los granitos y en general sobre la geoquímica de las rocas ígneas y sedimentarias, han demostrado el gran interés que ofrece este tipo de investigación.

Como indica el profesor M. Roubault en la introducción a la excelente obra de D. M. Shaw (1964), el conocimiento de la distribución de los elementos escasos en las rocas significa un gran progreso en el amplio cuadro de la investigación científica, y es uno de los datos fundamentales para el descubrimiento de los yacimientos mineros del mañana. Es indudable además, que esta importancia se extiende al campo de la edafología y de la bioquímica agrícola.

Los análisis espectroquímicos se realizaron siguiendo la técnica clásica de la escuela española, para análisis de rocas, por excitación directa de la muestra con arco de corriente continua, a partir de 0,05 g. de muestra. Los electrodos son de grafito y la intensidad de 5 amperios al principio y 10 al final para excitar los elementos menos volátiles. López de Azcona (1944).

Naturalmente, el valor del signo i (indicios) es diferente para cada elemento y se refiere a la cantidad necesaria para detectar sus dos líneas últimas, los valores $> i$ y $\gg i$ indican que las cantidades detectadas son superiores a dicho límite y la $< i$ significa que sólo se observó una de dichas líneas últimas.

Se estudian en este trabajo 52 muestras de granito o rocas con ellos emparentadas, como ortogneises, sienitas, dioritas, dioritas cuarcíferas, pórfidos graníticos, microgranitos, etc., procedentes de la parte más nordoccidental de Galicia.

En la recogida de las muestras se utilizaron únicamente rocas que por su grado de conservación ofrecían cierta garantía de no haber sufrido, por alteración, variaciones en su composición. Se analizaron únicamente rocas frescas.

En general, las cantidades tomadas para cada muestra oscilaban alrededor de los 100 g., divididos en varios trozos, y luego se homogeneizaban bien.

Cuando se trataba de rocas de grano grueso o porfídicas, se tomó una mayor cantidad para garantizar que el análisis respondía a la media de la roca estudiada.

Los 36 elementos buscados fueron los siguientes:

1. <i>Li</i> — Na — K —Rb—Cs—.....	<i>Cu</i> — <i>Ag</i>
2. <i>Be</i> — Mg — Ca —Sr—Ba—.....	Zn—Cd.
3. Sc—Y— La —.....	Al —Ga—In—Tl.
4. Zr—Hf—.....	Si —Ge—Sn—Pb.
5. V—Nb—Ta—.....	
6. Cr—Mo—W—.....	
7. Fe —Co—Ni—.....	

De ellos, se detectaron como escasos los de cursiva, y figuran en negritas los que están en proporciones mayores del 1 por 100, como Sodio, Potasio, Magnesio, Calcio, Aluminio y Silicio, y en el orden de 0,5 por 100 o menor el Hierro.

Se identificaron en la casi totalidad de los granitos analizados:

Cu, Sn, Pb, V, Co.

Los hay cuya presencia no es constante y varía mucho su concentración en las distintas muestras, como:

Li, Sr, Ba, Cr.

y otros solamente se encontraron en dos o tres muestras de las estudiadas,

Ag, Be, Ga, Mo, W, Ni.

Los resultados se resumen en los cuadros siguientes, que comprenden las diferentes granitizaciones que consideramos posibles en Galicia (Parga-Pondal, 1956, 1960), o sea:

CUADRO I

Ortogneises y granitos del complejo antiguo

N.º	Muestra	Cu	Be	Sr	Ba	Ga	Sn	Pb	V	Cr	Mo	Co
1	44-A-1-15	> i	—	0,05	> i	—	—	< i	i	> i	—	i
2	68-D-2-27	i	—	0,01	> i	—	i	—	i	i	—	i
3	68-E-1-20	i	—	> 0,01	> i	—	i	i	i	< i	—	i
4	68-C-4-16	i	—	0,01	> i	—	i	> i	i	i	—	i
5	68-D-2-24	i	—	< 0,01	> i	—	i	> i	i	i	—	i
6	68-C-4-17	i	—	—	> i	—	i	> i	i	—	—	i
7	68-C-4-3	i	—	—	—	i	i	i	i	—	i	—
8	68-C-4-33	i	—	—	—	—	i	—	i	—	—	i
9	121-D-4-1	i	—	0,05	> i	> i	i	—	i	—	—	—
10	121-E-4-1	i	—	i	> i	—	—	—	i	—	—	i
11	122-A-3-3	i	—	0,05	> i	—	i	—	i	i	—	—
12	122-A-3-4	i	> i	—	—	i	—	> i	i	> i	—	—

La localización y clasificación son las siguientes:

- 44-A-1-15: Granito algo orientado, Pedras Bouzas, Filgueira.
- 68-D-2-27: Granito algo orientado, Porcadela, Loroño, Zas.
- 68-E-1-20: Granito algo orientado, cerca de Nantón.
- 68-C-4-16: Ortogneis glandular, alto de Croa, al SW. de Baiñas.
- 68-D-2-24: Ortogneis grano grueso, cerca del Puente de Parrocha, Zas.
- 68-C-4-17: Ortogneis anfibólico, al W del Puente Castrarón, Baiñas.
- 68-C-4-3: Ortogneis anfibólico, La Bouza al sur de Baiñas.
- 68-C-4-33: Ortogneis anfibólico, al sur de Baiñas.
- 121-D-4-1: Ortogneis anfibólico, Silleda.
- 121-E-4-1: Ortogneis anfibólico, Silleda.
- 122-A-3-3: Ortogneis anfibólico, Vento al N. de Lalin.
- 122-A-3-4: Pegmatitas en el gneis, Vento al N. de Lalin.

CUADRO II

Granodioritas de Bayo

N.º	Muestra	Cu	Ag	Sr	Ba	Sn	Pb	V	Cr	Mo	Co	Ni
13	58-C-3-21	i	i	< 0,01	i	i	i	> i	0,01	—	i	—
14	68-C-3-22	i	—	0,01	—	i	i	> i	0,01	0,1	i	—
15	68-D-2-16	i	—	< 0,01	i	i	> i	> i	0,05	—	> i	> i
16	68-D-2-23	i	—	0,01	i	i	> i	1	0,01	—	> i	i

La localización y clasificación son las siguientes:

- 68-C-3-21: Diorita biotítica, Puente de Quitande, al S. de Serramo.
- 68-C-3-22: Diorita biotítica porfídica, Novelle, al N. de Baiñas.
- 68-D-2-16: Diorita hornbléndica con biotita, al W. de Pazos, S. de Bayo.
- 68-D-2-23: Granito Trondhjemítico, S. W. de Treos (Zas).

CUADRO III

Granitización del grupo de Lage y granitos postorogénicos hercínianos

N.º	Muestra	Li	Cu	Ag	Be	Sr	Ba	Ga	Sn	Pb	V	Cr	Co	Ni
17	43-C-3-18	—	> i	—	—	0,05	> i	—	i	i	i	i	i	—
18	43-C-4-7	—	> i	—	—	0,01	> i	—	i	> i	i	i	i	—
19	43-C-4-12	—	i	—	—	i	> i	—	i	> i	i	i	i	—
20	43-C-3-17	—	i	—	—	> 0,05	> i	—	i	> i	i	> i	i	—
21	67-A-2-11	—	> i	—	—	—	—	—	i	i	i	0,01	> i	i
22	68-A-2-11	—	> i	—	—	0,01	i	—	> i	i	i	i	i	—
23	68-C-2-1	> i	i	—	—	0,01	i	—	> i	i	i	i	i	—
24	68-C-2-13	> i	i	—	—	—	—	—	> i	i	i	> i	i	—
25	68-A-4-2	—	i	—	—	—	—	—	< i	< i	> i	0,01	i	i
26	44-B-2-18	—	i	—	—	0,01	> i	—	i	> i	i	—	i	—
27	69-E-2-2	—	i	—	—	—	—	—	> i	> i	i	i	> i	—
28	68-E-1-5	i	i	—	—	—	—	—	i	i	i	i	> i	—
29	71-B-1-1	—	i	—	—	0,1	> i	—	i	i	i	> i	i	—
30	61-C-2-1	> i	i	—	—	0,05	i	i	i	i	i	> i	i	—
31	152-C-2-1	—	i	—	—	—	—	i	i	i	i	> i	—	—
33	182-C-2-2	—	i	—	—	—	—	i	i	i	i	> i	—	—
34	152-C-2-3	—	i	—	—	0,05	> i	> i	i	i	i	> i	—	—
35	153-A-2-1	> i	i	—	—	0,05	> i	—	i	i	i	> i	—	—
36	298-E-1-1	> i	i	—	—	0,05	> i	—	i	i	i	< i	—	—
37	298-E-1-2	> i	i	—	—	0,05	> i	—	i	i	i	< i	—	—
38	298-E-1-3	> i	i	> i	> i	—	—	—	> i	> i	i	—	—	—

La localización y clasificación son las siguientes:

- 43-C-3-18: Granito de dos micas, gneisico, Cantera Muelle, Lage.
- 43-C-4-7: Granito de dos micas gneisico, Alto de Lourido, Lage.
- 43-C-4-12: Granito de dos micas, grano fino, Monte Lagoa, Lage.
- 43-C-3-17: Pegmatita de grano fino, Muelle de Lage.
- 68-A-2-11: Granito de dos micas, grano fino, Monte Agudo, Leis.
- 68-A-2-14: Granito de dos micas, grano medio, Los Molinos, S. de Merejo.
- 68-C-2-1: Granito de dos micas, gneisico, falda oeste de Pedra Miñón, Castromil.
- 68-C-2-13: Granito de dos micas, granudo, falda NW. del monte San Bartolomé, Vimianzo.
- 68-A-4-2: Granito gneisico, glandular 2m. Km. 89 carretera de Corcubión.
- 44-B-2-18: Pegmatita con turmalina, Crucero de Ibias.

27. 69-E-3-2: Granito de biotita, granudo, Cabaleiros.
28. 68-E-1-3: Granito muy influido por el lopolito, Bardaos.
29. 71-E-2-5: Granito de dos micas aplítico, Anafreita.
30. 120-B-1-1: Granito de dos micas, Km. 11,7, Codeso.
31. 151-C-2-1: Granito de dos micas, grano fino, Basoñas.
32. 152-C-2-1: Granito de biotita, porfiroide, Monte Xiabre.
33. 152-C-2-2: Granito de dos micas, grano fino, Monte Xiabre.
34. 152-C-2-3: Granito de biotita granudo, Monte Xiabre.
35. 153-A-2-1: Granito de dos micas, granudo, Cequeril.
36. 298-E-1-1: Granito de dos micas, grano fino, Portocelo, La Guardia.
37. 298-E-1-2: Granito de dos micas, grandes moscovitas, Portocelo, La Guardia.
38. 298-E-1-3: Pegmatita con turmalina, Portocelo, La Guardia.

CUADRO IV

Pórfidos, " granito del grupo de Traba

N.º	Muestra	Li	Cu	Sr	Ba	Ga	Sn	Pb	Cr	Mo	W	Co
39	67-E-2-11	—	> i	0,1	< i	—	—	< i	> i	> i	—	—
40	67-E-2-13	—	i	0,1	< i	—	—	i	> i	> i	—	i
41	67-E-3-2	—	i	i	< i	—	—	i	> i	—	—	i
42	67-D-3-3	—	i	0,1	< i	> i	< i	< i	i	—	—	i
43	68-A-1-7	—	i	i	< i	—	< i	< i	i	—	—	i
44	68-A-2-12	i	> i	—	—	—	< i	i	i	i	—	i
45	68-C-1-5	—	i	0,01	i	> i	< i	i	i	< 0,01	< i	i
46	68-C-1-20	—	i	i	i	—	i	i	> i	< 0,01	< i	i
47	68-A-1-11	—	i	≈ 0,05	> i	—	i	< i	i	i	—	i
48	68-C-1-17	—	i	0,01	> i	—	i	i	i	—	—	i
49	68-C-3-20	—	i	0,01	i	—	< i	i	i	≈ i	—	< i
50	68-A-4-6	—	i	—	—	—	i	i	i	—	—	i
51	68-C-1-1	—	i	—	—	—	i	i	> i	0,01	—	i
52	68-B-1-10	—	i	i	i	—	i	i	i	i	—	i

La localización y clasificación son las siguientes:

39. 67-E-2-11: Granito de biotita, granudo, Mugia, cantera a la entrada del pueblo.
40. 67-E-2-13: Granito porfídico de biotita, Mugia, La Barca.
41. 67-E-3-2: Sienita de hornblenda, Morquintians.
42. 67-D-3-3: Sienita pegmatítica, Campos.
43. 68-A-1-7: Granito de biotita y feldespato rojo, Km. 16, Camariñas.
44. 68-A-2-12: Granito de moscovita porfídico, Leis.
45. 68-C-1-5: Granito de biotita, Magro.
46. 68-C-1-20: Diorita biotítica, Calo.
47. 68-A-1-11: Microgranito, Playa Reiro.
48. 68-C-1-17: Pórfido granítico, Calo.
49. 68-C-3-20: Pórfido granítico, Arjomil.
50. 68-A-4-6: Pórfido cuarcífero, Vilarouteiro.
51. 68-C-1-1: Diorita biotítica, Magro.
52. 68-B-1-10: Pórfido granítico, Braña Rubia.

Una simple observación no permite destacar grandes diferencias entre los distintos grupos, aunque, como veremos, existen algunas. Sin duda, es dentro de cada grupo donde se encuentran las principales variaciones.

A continuación, pasamos revista en este sentido a cada uno de los distintos elementos.

Litio

Sin duda puede decirse que los granitos gallegos no destacan en conjunto, por su contenido en litio.

Entre las 52 rocas analizadas, solamente en 9 se ha podido observar la presencia de este elemento.

No se ha encontrado el litio con nuestra sensibilidad de 50 p. p. m. en ninguna roca del Complejo Antiguo, ni tampoco entre las dioritas-trondhjemíticas de Bayo. Dentro del grupo de Traba solamente contiene litio el granito de moscovita de Leis, una roca que precisamente es única por su petrografía, dentro de este grupo. Todas las demás rocas con litio pertenecen al grupo de Lage o a su granitización y entre ellas a los granitos de dos micas, más o menos granudos.

Posiblemente se podrán caracterizar entre estos granitos, zonas que destaquen por su importante contenido en litio, así, por ejemplo, en la zona de Vimianzo (muestras 23 y 24); y en la zona que se extiende entre Cequeril (muestra 35), y Lalín, donde se conocen importantes pegmatitas de litio (Parga-Pondal, I., y Cardoso, G. M., 1948). Otra zona que debe estudiarse es la de La Guardia (muestras 36, 37 y 38), cuyos granitos de dos micas y sus pegmatitas parecen ser muy ricos en litio. Esta zona se prolonga hacia el sur por Portugal, donde entre Caminha y Viana do Castelo se han encontrado los únicos granitos de Portugal que contienen espodumena (Torre de Assunção, 1954).

En el aspecto geoquímico se sabe que el litio se encuentra en los granitos en proporciones normales de 20 a 40 p. p. m., pero que en ciertas regiones se concentra alcanzando valores de 100 a 250 p. p. m., pudiéndose hablar de provincias geoquímicas del litio (Shaw D. M. 1964), y es entonces cuando se presentan las pegmatitas ricas en espodumena.

Sin duda en Galicia existen, como hemos indicado, varias de estas regiones ricas en litio, que pueden tener gran interés científico y económico.

Cobre

En todas las rocas analizadas hemos encontrado sin excepción la presencia de cobre, si bien en cantidades muy pequeñas, del orden de 25 a 50 p. p. m. Solamente seis lo tienen en cantidad algo mayor.

No presenta, pues, el cobre gran variación en su contenido en las rocas gallegas.

Según los datos de la literatura geoquímica, el cobre ofrece en las rocas ígneas ácidas su valor mínimo que, según Sandell y Goldich (Rankama y Sahama 1954), alcanza el valor medio de 16 p. p. m., y según Taylor (1964), el valor medio en los granitos es de 10 p. p. m.

Plata

Solamente en una diorita biotítica del S. de Serramo y en una pegmatita con turmalina, la muestra número 38, 298-E-1-3, recogida en Portocelo y procedente de los numerosos filones que atraviesan los granitos en la costa entre La Guardia y Bavona, al sur de Galicia, se encontró plata en cantidad bastante intensa. Forma, pues, esta pegmatita una excepción interesante que vale la pena comprobar y estudiar con más detalle, pues ya hemos comentado su elevado contenido en litio y berilio.

En general, la distribución de la plata en las rocas ígneas es mal conocida, debido a su escaso contenido en este metal.

Las cifras dadas para media de la corteza terrestre y media de los granitos, son 0,08 y 0,037 p. p. m., respectivamente (Hamaguchi y Kuroda, 1959), considerablemente inferiores a 0,5 p. p. m., límite de la técnica utilizada. En algunas rocas, como las diabasas, llegan estos autores hasta 0,12 p. p. m., mientras que Morris y Killick (1960) dan valores extremos de 0,028 a 0,47 p. p. m.

Berilio

Nuestro método tiene para este elemento una sensibilidad de 1 a 5 p. p. m. y sólo se ha encontrado en dos rocas de las analizadas, una que atraviesa los gneises y otra que atraviesa al granito, ambas son posiblemente pegmatitas de la granitización herciniana.

El contenido en berilio de las rocas graníticas es muy pequeño. Según A. A. Beus (1962), los contenidos medios son: en los granitos de biotita, 4 p. p. m.; en los granitos de dos micas, 9 p. p. m. y en las sienitas, 7 p. p. m., y Taylor (1964) da valor medio para los granitos 5 p. p. m.

En las pegmatitas de berilo, el berilio se concentra casi exclusivamente en dicho mineral, pues en ellas los feldespatos contienen del orden de 8 p. p. m. y las micas llegan a 56 p. p. m. de valores medios, también según Beus. En estudio reciente de Shawel y Bernold (1964), llegan a la conclusión de un aumento en las rocas ígneas con el de sílice y para un mismo contenido de sílice de 75 por 100, el berilio en p. p. m. es de 49 en las pegma-

titas, 6,8 en las rocas plutónicas, 17,5 en las hiperbásicas y 2,9 en las volcánicas.

Como es bien sabido, en Galicia abundan las pegmatitas de berilo, principalmente en la provincia de Pontevedra (Fernández-Navarro, L. (1920)), y en general están relacionadas con los granitos de dos micas allí tan abundantes.

Un berilo de Campo da Hermida, en Cerponzones, de la provincia de Pontevedra, fue analizado espectralmente por A. del Campo, hallando poco galio, menos cesio y litio, y cantidad ínfima de indio y rubidio.

Estroncio

Este elemento, con la sensibilidad de 50 p. p. m., se ha encontrado en la mayoría de las 52 rocas analizadas. El resultado es el siguiente:

No se encontró Sr. en	14 rocas
Se encontró en indicios en	6 »
Con un contenido 0,01 % aprox. en	16 »
Con un contenido 0,05 % aprox. en	12 »
Con un contenido 0,10 % aprox. en	4 »

En las rocas del Complejo Antiguo se encuentra más Sr en los granitos, siguen luego los gneises glandulares, y no tienen nada o muy poco los gneises de anfíboles alcalinos.

En la serie de las granodioritas de Bayo, no se observa diferenciación, dando todas del orden de 0,01 por 100.

En el grupo de Lage son frecuentes valores medios y se ve que las pegmatitas son las más pobres en Sr.

Los granitos y sienitas del grupo de Traba, son más ricos en Sr, con frecuentes valores del 0,1 por 100 y, en cambio, los pórfidos de este grupo son muy escasos en Sr. Existe, pues, también aquí una clara diferenciación.

Estos resultados son muy interesantes y confirman en parte, y en parte amplían lo que se conoce sobre la geoquímica del estroncio (W. Noll, 1934; Rankama y Sahama, 1950), según Butler y Smith (1962) su contenido llega en las rocas volcánicas a 570 p. p. m., y en las plutónicas a 290 y Taylor (1964) da como valor medio para el granito 285 p. p. m. Sería, pues, de gran interés estudiar con más detalle la distribución del estroncio en las rocas graníticas gallegas.

Bario

Análogamente a lo que le ocurre al estroncio, el bario se encuentra desigualmente distribuido en las rocas estudiadas.

Las rocas del Complejo Antiguo, con nuestra sensibilidad de 50 p. p. m., todas menos tres tienen cantidades de bario mayores que este límite. Las granodioritas de Bayo tienen mucho menos, y las del grupo de Lage lo ofrecen en cantidades muy variables, al igual que las del grupo de Traba.

De acuerdo con lo que se conoce de la geoquímica del bario, Engelhard (1936), obtiene para los granitos una media de 500 p. p. m., y para las dioritas de 430 p. p. m., y Taylor (1964) fija para valor medio de los granitos 600 p. p. m. Los granitos con mucho feldespato potásico del Complejo Antiguo y grupos de Lage o de Traba, son más ricos en bario que las granodioritas de Bayo, más ricas en plagioclasa.

De todas maneras, queda aquí también un interesante campo de estudio.

Galio

La sensibilidad de nuestras técnicas para el galio, van de 10 a 20 p. p. m., por ello sólo se ha podido identificar en las rocas que tienen como mínimo dicha cantidad, del orden del contenido medio en la corteza terrestre, que es de 16,9 p. p. m.: en los granitos, según unos autores, es de 14 a 24 p. p. m. (Burton Culken y Riley, 1959), y según otros (Bowden, 1964), el contenido en galio para los granitos de anfíbol tiene valores de 18 a 34 p. p. m., para los de biotita de 23 a 42 p. p. m. y para los de riebeckita, de 33 a 60 p. p. m.

Está muy desigualmente distribuido en las rocas estudiadas. Se encontró únicamente en tres gneises anfibólicos y en una pegmatita del Complejo Antiguo, en otros tres granitos postectónicos hercinianos, y dos del grupo de Traba. En las granodioritas de Bayo y en los granitos gneísicos de Lage y en los granitos y gneises del Complejo Antiguo no se encontró galio.

Sería interesante comprobar con más datos esta tendencia que observamos en las pocas rocas estudiadas, del enriquecimiento de galio en las rocas finales de las orogénias, punto éste sobre el cual no conocemos que se hayan realizado estudios geoquímicos.

Estaño

Casi todas las rocas estudiadas contienen estaño en la proporción de 5 p. p. m., o cantidades superiores. Estos resultados están de acuerdo con los datos

que se conocen sobre su distribución en las rocas graníticas (Rankama y Sahama, 1950), cuyo contenido medio es de 80 p. p. m., y en los más recientes (Hamaguchi y compañeros, 1964) en valores de 1 a 440 p. p. m.

La conocida gran abundancia de yacimientos de casiterita en Galicia, ofrece un campo de estudio de gran interés a la determinación cuantitativa de la distribución del estaño en los diferentes grupos de granitos gallegos.

Plomo

La distribución del plomo en las rocas estudiadas es casi universal para la sensibilidad de 5 p. p. m.: solamente deja de presentarse en los ortogneises anfibólicos, o sea en los gneises de riebeckita del Complejo Antiguo.

Este comportamiento está de acuerdo con lo que se sabe de la geoquímica del plomo, general acompañante de los minerales cálcicos magmáticos, de los cuales están exentos precisamente los mencionados gneises de anfíboles alcalinos.

Todas las demás rocas estudiadas contienen plomo en cantidades de 5 p. p. m. o mayores.

El contenido en plomo de las rocas ácidas puede variar de 9 a 30 p. p. m. Rankama (1954), y el de los granitos, según Taylor (1964), es de 20 p. p. m.

Vanadio

Este elemento se encontró de manera regular en todos los granitos analizados. Solamente las rocas del grupo de las trondhjemitas y alguno de los granitos del grupo de Traba dieron cantidades superiores al límite de sensibilidad de 5 p. p. m.

El alto contenido de las trondhjemitas de Bayo, puede explicarse por la asimilación de rocas básicas en ellas tan frecuente, procedente de los diques básicos del Complejo Antiguo.

Como es sabido, el vanadio se encuentra en todos los granitos en cantidades que oscilan entre 1 y 30 partes por millón, y en las rocas básicas puede llegar a 320 p. p. m. Rankama (1954) y según determinaciones más recientes el valor medio es de 20 p. p. m. Taylor (1964).

Cromo

La repartición del cromo en las rocas graníticas gallegas presenta las siguientes características:

Entre las rocas del Complejo Antiguo, los gneises hipercalinos no

dieron cromo por contener cantidades inferiores a la sensibilidad y los ortogneises de tipo Borneirc ofrecen este elemento en las mismas proporciones que las del grupo de Lage. Las del grupo de Traba son también en general muy escasas en cromo. Solamente las dioritas de Bayo son muy ricas en este elemento en un orden superior a los 100 p. p. m.

Según Goldschmidt (1937), el contenido en cromo en las sienitas, granitos y dioritas, está comprendido entre 0,7 y 68 p. p. m., y según Carr y Turekian (1962), en las rocas que analizaron de contenidos bajos de calcio, es de 3 a 4 p. p. m. y en las de contenidos elevados en calcio es de 16 a 22 p. p. m., y según Taylor (1964) el valor medio en los granitos es de 4 p. p. m. La sensibilidad del cromo con nuestra técnica es de 50 p. p. m.

Molibdeno

Con la sensibilidad de 10 a 20 p. p. m., no hemos encontrado el molibdeno más que en cuatro rocas de las 52 analizadas.

Las rocas graníticas del grupo de Lage no contienen molibdeno en cantidad suficiente para ser descubierto por los métodos empleados. Entre las rocas del Complejo Antiguo solamente un ortogneis anfibólico de Baiñas, y entre los granitos trondhjemiticos sólo una diorita del norte de dicho lugar, dieron indicios.

Las demás rocas con molibdeno pertenecen al grupo de Traba, entre las que destaca la diorita de Calo, con cantidades superiores a indicios.

En este aspecto conviene señalar que es precisamente en el granito de Traba y al norte de Calo donde se encontró una importante concentración de molibdenita, que fue explotada industrialmente.

Posiblemente el aporte de molibdeno se encuentra relacionado con ciertas fracturas relativamente recientes. El contenido medio de molibdeno en las rocas graníticas debe ser muy bajo; según unos autores, del orden de 2 a 10 p. p. m., pero todavía se conoce con poca seguridad. Kuroda, P. K. y Sandell, E. B. (1954), y según Taylor (1964), el valor medio en los granitos es de 4 p. p. m.

Volframio

Solamente una roca de las analizadas dio indicios de volframio. Se trata del granito de moscovita de Leis, que hemos incluido en el grupo de Traba (Parga-Pondal, 1956). Como es sabido, este granito da lugar en las arenas de sus playas a concentraciones de volframita.

Posiblemente y de manera análoga a lo que ocurre para otros elementos,

el volframio se concentra en los últimos diferenciados magmáticos y se emplazó en los conocidos yacimientos gallegos en una fase tardía, favorecido por una fracturación reciente del zócalo granítico.

Como es sabido, el volframio se encuentra en los granitos en proporciones de hasta 12 p. p. m. con un valor medio de 1,4 p. p. m. (Jeffery, P. G. (1959) y, según Taylor (1964), el valor medio es de 2 p. p. m., siempre en cantidad escasa, pero su distribución en los diferentes tipos de granitos está todavía sin estudiar a fondo. La técnica empleada tiene para este elemento una sensibilidad de 100 p. p. m., por su reducida volatilidad y sólo se puede detectar directamente cuando la concentración es anormal, como en el granito considerado de Leis.

Cobalto y níquel

Como es bien sabido, desde los trabajos de Goldschmidt (1937), la relación Co/Ni, en las rocas graníticas es superior a la unidad, contrariamente a lo que acontece en todas las demás rocas y en general en la corteza terrestre. En los granitos, da Goldschmidt 8 p. p. m. de cobalto y 2,4 p. p. m. de níquel, valores considerados hoy como muy altos; según Carr y Turekian (1961), el máximo encontrado en las rocas graníticas fue para el cobalto, de 1 p. p. m., llegando en las basálticas a 48 p. p. m., con un valor medio en la corteza de 27 p. p. m. y, según Taylor (1964), los valores medios para los granitos son 1 y 0,5 p. p. m., respectivamente.

Según nuestras valoraciones, el cobalto está presente en casi todos los granitos de Galicia en cantidades análogas al límite de sensibilidad de 10 p. p. m. No se ha comprobado su presencia en los granitos de biotita postectónicos, números 31-34, y en los 35-38, por tener contenidos inferiores a las 10 p. p. m. La presencia del níquel con sensibilidad de 2 p. p. m., se ha identificado en dos dioritas biotíticas del grupo de las trondhjemitas, números 15 y 16, y en dos granitos que sin duda presentan influencia sedimentaria o de asimilación de rocas preexistentes. También el cobalto se halla enriquecido en ciertos granitos próximos al Lopolito, como los de Cabaleiros y Bardaos (números 27 y 28).

Varios

Hay varios elementos cuya proporción media en la corteza es muy inferior a la sensibilidad espectral directa, del método empleado, tal ocurre con el rubidio; según Butler, Browden, Smith (1962), en los granitos recientes su contenido varía de 27 a 1.400, con una sensibilidad de 5.000 p. p. m., mientras que Taylor (1964) da su valor medio de 5 p. p. m. para los gra-

nitos. El *cesio*, según Butler y Thompson (1963), las proporciones en los granitos alcalinos van de 0.6 a 9.6, con una sensibilidad de 100 p. p. m. El *cinc* y el *cadmio*, con sus sensibilidades de 500 p. p. m. y 10 p. p. m., no han permitido identificarlos en ninguna muestra, con un contenido medio en los granitos Taylor (1964) de 40 y 0.2 p. p. m., respectivamente. El *itrio* *lantano*, con su sensibilidad de 500 p. p. m., muy superior aquél al contenido máximo de 210 p. p. m. en las rocas volcánicas y 290 en las plutónicas, según Butler y Smith (1962), y medio en los granitos Taylor (1964), de 40 p. p. m. para ambos, no permitieron su identificación: lo mismo que el *escandio*, con sensibilidad de 40 p. p. m. y contenido medio en los granitos, de 5 p. p. m. Taylor (1964). No se pudo identificar en ninguna muestra el *indio* con la sensibilidad de 5 p. p. m., por tener un contenido medio en los granitos de 0.1 p. p. m. Taylor (1964), y lo mismo ocurre con el *talio*, con una proporción en las rocas, según Morris y Killick, (1960) de 1.96 a 0.045 p. p. m. y una media para los granitos, según Taylor, de 0.75 p. p. m. con una sensibilidad de 5 p. p. m. Dos elementos poco sensibles son el *circonio* y el *hafnio*: el primero con sensibilidad de 500 p. p. m. y el segundo de 100 p. p. m., no permitieron su identificación, ya que el primero está, según Butler y Smith (1962), en proporciones de hasta 2.300 p. p. m. en las rocas volcánicas y de 290 a 1.600 en las plutónicas, pero inferior en los granitos a estas cantidades, donde el valor medio es de 180 p. p. m. Taylor (1964); el Hf, como es natural, su proporción puede considerarse del orden de 1/45 la del Zr. El *Germanio*, en ninguna de las muestras estudiadas, se encontró el germanio, por trabajar con una sensibilidad de 5 a 10 p. p. m., inferior al contenido medio de la corteza terrestre, que es 1.7 p. p. m. Burton, Culkin y Riley (1956), inferior al estipulado por Goldschmidt, de 7 p. p. m., con un valor medio para los granitos de 1.5 p. p. m. Taylor (1964). El *niobio* y *tántalo*, están contenidos hasta 370 p. p. m. y 18.5 en las rocas volcánicas y hasta 275 y 16.3 en las plutónicas, según Butler y Smith (1962) y, según Taylor (1962), el valor medio en los granitos es de 20 y 3.5 p. p. m., con una sensibilidad de 500 p. p. m. para ambos.

CONCLUSIONES PROVISIONALES

El *litio* y *berilio*, se encuentran en Galicia solamente en las rocas de la granitización del grupo de Lage. En las rocas del Complejo Antiguo no se ha detectado este elemento con la sensibilidad de las técnicas utilizadas.

Estroncio y *bario*, parece ser que dentro de cada conjunto considerado, el contenido de estos elementos disminuye al progresar la diferenciación.

Galio, da la impresión de que sigue una diferenciación inversa a la del estroncio y bario.

Los demás elementos estudiados no ofrecen particularidades dignas de ser destacadas, salvo la existencia de la plata, en cantidad importante, en una pegmatita con litio y berilio, del grupo de Lage

BIBLIOGRAFÍA

- BEUS, A. A. (1962): *Beryllium, evaluation of deposits during prospecting and exploratory work*. W. H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- BOWDEN, P. (1964): *Gallium in younger granites of Northern Nigeria*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVIII, págs. 1981 a 1988.
- BURTON, J. D., CULKIN, F. y RILEY, J. P. (1956): *The abundances of gallium and germanium in terrestrial materials*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XVI, págs. 151 a 180.
- BUTLER, J. R., BROWDEN, P. y SMITH, A. Z. (1962): *K/Rb ratios in the evolution of the younger granites of Northern Nigeria*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVI, págs. 89 a 100.
- — y SMITH, A. Z. (1962): *Zirconium, niobium and certain other trace elements in some alkali igneous rocks*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVI, págs. 945 a 953.
- — y THOMPSON, A. J. (1963): *Caesium in some alkali granites (young granites) of Northern Nigeria*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVII, págs. 769 a 773.
- CARR, M. H. y TUREKIAN, K. K. (1961): *The geochemistry of cobalt*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXIII, págs. 3-60.
- — y TUREKIAN, K. (1962): *Chromium in granitic rocks*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVI, págs. 411 a 415.
- ENGELHARDT, W. (1936): *Die Geochemie des Bariums*. «*Chemie der Erde*», X, págs. 187-246.
- FERNÁNDEZ NAVARRO, L. (1920): *Berilos de Pontevedra*. «*Boi. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*», XX, págs. 63-67.
- FROHLICH, F. (1960): *Beitrag zur Geochemie des Chroms*. «*Geochim. Cosmochim. Acta*», XX, págs. 215-240.
- HAMAGUCHI, H. y KURODA, P. K. (1950): *Silver content of igneous rocks*. «*Geochim. Cosmochim. Acta*», XVII, págs. 44-52.
- — KURODA, R., ONUMA, N., KAWABUCHI, K., MITSUBAYASHI, T. y HOSOHARA, K. (1964): *The geochemistry of tin*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XXVIII, págs. 1039 a 1053.
- JEFFERY, P. G. (1959): *The Geochemistry of tungsten with especial reference to the rocks of the Uganda Protectorate*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», 16, págs. 278-295.
- KURODA, P. K. y SANDELL, E. B. (1954): *Geochemistry of Mo*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», VI, págs. 35-63.
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M. (1944): *Análisis espectroquímico cuantitativo por emisión*. Madrid 402 págs.
- MORRIS, D. F. C. y KILICK, R. A. 1960. *Silver and thallium contents of rocks*. «*Geochim. et Cosmochim. Acta*», XIX, págs. 139 y 140.
- NOLL, W. (1934): *Geochemie des Bariums*. «*Chemie der Erde*», VIII, págs. 507-600.
- PARGA-PONDAL, I. y MARTÍN CARDOSO, G. (1948): *Die Lithiumpegmatite von Lalín in Galizien (prov. Pontevedra, Spanien)*. «*Schweiz. Min. Petr. Mitt.* XXVIII, págs. 324-334.
- PARGA-PONDAL, I. (1956): *Nota explicativa del Mapa Geológico del N. O. de la provincia de La Coruña*. «*Geol. Mededel.* XXI, págs. 467-484. Leiden.
- — (1960): *Observación, interpretación y problemas geológicos de Galicia*. «*Notas y Com. Inst. Geol. y Min.*», LIN, 333 a 358.
- RANKAMA, K. (1946): *On the geochemical differentiation in the earth's crust*. «*Bull. Comm. Geol. Finlande*», 137.
- — y SAHAMA, TH. G. (1950): *Geochemistry*, trad. esp. *Geoquímica*. Aguilar (1954).

- SHAW, D. M. (1964): *Interpretation Geochimique des elements en traces dans les roches cristallines*. Masson, Paris.
- SHAW, D. R. y BERNOLD, S. (1964): *Distribution of beryllium in igneous rocks*. U. S. Geological Surv. Proff. Paper, núm. 501.
- STROCK, L. W. (1936): *Zur Geochemie des Li*. «Nachr. Gess. Wiss. Gottingen», 4, N. F. 1, 15.
- TAYLOR, S. R. (1964): *Abundance of chemical elements in the continental crust*. «Geochim. et Cosmochim. Acta», XXVIII, págs. 1273 a 1285.
- TORRE DE ASSUNÇÃO, C. F. (1954): *Ocurrencia de espodumena en Gelfa (Ancora)*. «Bol. Mns. Lab. Min. e Geol. Lisboa», XXII, págs. 29-32.

Recibido el 23-III-1965.

Noticias

NOTAS PREVIAS

YACIMIENTO DE MASTODONTIDOS EN CORCOLES

Los ingenieros Antonio Almela e Indalecio Quintero, ruegan se de cuenta con carácter de nota previa, de la existencia en el Mioceno continental, junto al pueblo de Corcoles (Guadalajara), de un importante yacimiento fosilífero puesto de manifiesto como consecuencia de los trabajos que realiza la Junta de Energía Nuclear. Según dichos señores se han recogido abundantes restos óseos y algunos molares incompletos de Mastodon de un posible paleocalcio-mioceno, de los cuales se está ultimando el estudio en los Laboratorios de Paleontología del Instituto Geológico y Minero, y anuncian la remisión de una comunicación científica en plazo breve.

SOBRE EL CARACTER DE LAS ESTRUCTURAS CABALGANTES DEL ORIENTE DE ASTURIAS

Con el carácter de nota previa, a ruego del autor del artículo, Dr. J. A. Martínez Alvarez publicamos el resumen de su trabajo que tuvo entrada en la editorial el día 22 de mayo de 1965.

En este trabajo se citan algunas precisiones sobre las estructuras cabalgantes descritas por el autor en trabajos precedentes. Se llega a las siguientes conclusiones:

—Toda la zona oriental de Asturias (*arco interno* de la Rodilla Asturica) está caracterizado por la presencia de un estilo de mantos o frentes cabalgantes de mediana envergadura, deformados.

—Las unidades de este tipo que —provisionalmente— se considera que pueden tener carácter individual trascendente, son las siguientes: 1.—Manto cabalgante de la cuenca central; 2.—Escamas de Corteguero-Retriñón y Sobrescobio; 3.—Manto cabalgante de Caso; 4.—Manto de Beleño y Amieva; y 5.—Manto de Tarna.

DATOS ESTADISTICOS

PRODUCCION Y COMERCIO DEL PETROLEO ITALIANO

La importación de petróleo crudo ascendió a 55.620.000 toneladas métricas, contra 47.145.000 en 1963, lo que representa un aumento del 17,9 por 100.

La producción italiana de petróleo crudo y gasolina totalizó las 2.600.000 toneladas (1.748.000 en 1963), lo que supone un aumento del 45,7 por 100. Las refinерías italianas elaboraron 57.800.000 toneladas de petróleo crudo (frente a 48.518.000 en 1963), de las que 46.800.000 fueron destinadas al mercado nacional. La exportación de productos del petróleo fue de 11.000.000 de toneladas (9.948.000), representando un 10,6 por 100 de aumento.

El consumo de productos del petróleo en el mercado nacional fue de 37.531.000 toneladas métricas (contra 32.187.000), de las que 5.340.000 (4.600.000) fueron de gasolina, 3.040.000 (2.930.000) de gas-oil y 23 millones (19.400.000) de fuel-oil.

COTIZACION DE METALES

M A T E R I A S	30-12-59	4-1-62	3-1-63	3-12-64	6-5-65
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	12,50	12,50	11,50	14,50	14,50
Londres (£ por Tn.).....	95 1/4-95 1/2	71 1/8-71 1/2	67-67 1/8	130 1/2-131	114-114 1/4
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	28,10	26,—	22,50	24,50	24,50
Londres (£ por Tn.).....	187	186	180,—	196,—	196,—
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramo)	212-214	191-193	186-189	480-500	520-530
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)..	72	59	61,50	140,—	205,—
VOLFRAMIO					
Londres (£ por Tn.).....	147-152	104-107 1/2	63-69	169-174	192,6-200
PETROLEO					
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
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	98,75	120,62	113,12	171,—	184,50
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	26	31	28,50	64,50	57,50
Londres (£ por Tn.).....	256 1/2-257 1/2	229 1/2-229 3/4	234-234 1/4	502-510	512 1/2-515
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	12	10,25	10,—	15,—	15-16
Londres (£ por Tn.).....	74 1/4-72 1/2	59 1/4-59 3/8	54-54 1/4	141-142	108 1/2-109 1/2

LA INDUSTRIA EXTRACTIVA EN 1964

La renta industrial de la zona extractiva en el pasado año alcanzó a 15.220 millones de pesetas, contra 14.044 millones en 1963. Correspondieron a la extracción de carbones 8.020 millones, contra 8.914 en 1963; a extracción de mineral metálico, 3.512 millones (2.818); a pe-

tróleo crudo y gas natural, 125 millones (105); piedra, arcilla y arena, 1.176 millones (1.001), y minerales no metálicos y explotaciones de canteras, 1.387 millones, frente a 1.206 en 1963.

LA PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO:
29.713.000 BARRILES DIARIOS

Continúa decreciendo la dominante posición relativa de los Estados Unidos como primera potencia productora de petróleo. El hemisferio occidental, en general, sigue perdiendo importancia petrolífera en relación con los países del área soviética y del Oriente Medio, si bien los norteamericanos continúan destacadamente a la cabeza. Posiblemente la nota más descolante en estos últimos años ha sido la producción del norte de Africa. Los Estados Unidos alcanzaron en 1964 el 26,9 por 100 de la producción mundial. Hace cinco años, el 35,7 por 100, y en 1954 lograron el 44,6 por 100 de todo el petróleo producido en el mundo.

Libia ha sido la gran sorpresa en lo que se refiere a la producción de petróleo, elevándola en un 41,7 por 100 en relación con 1963. El Oriente Medio continuó su progresivo aumento, con un 14,1 por 100. Rusia y sus satélites incrementaron su producción en un 8,8 por 100, y en otras áreas —oeste de Europa y Lejano Oriente—, el crecimiento de la producción de petróleo bruto fue del 7,8 por 100, mientras que en Estados Unidos sólo alcanzó el 3,6 por 100.

Las naciones que actualmente producen más de un millón de barriles diarios son:

	1954	1959	1964
Estados Unidos	6.394.000	7.193.000	7.816.000
Rusia	1.429.000	3.017.000	5.063.000
Venezuela	2.083.000	2.862.000	3.469.000
Kuwait	1.015.000	1.302.000	2.104.000
Sur de Arabia	964.000	1.200.000	1.933.300
Irán	191.000	939.000	1.840.000
Iraq	650.000	876.000	1.537.000
Producción mundial	14.325.000	17.067.000	29.713.000

INDUSTRIA QUIMICA

La producción de ácido sulfúrico en 1964 fue de 1.670.769 toneladas, frente a 1.452.566 toneladas en 1963, lo que representa un incremento del 15,02 por 100.

El nitrato amónico calcico aumentó su producción en 15,46 por 100, totalizando 75.651 toneladas en 1964.

La producción de sulfato amónico en 1964 fue de 101.841 toneladas de N., cifra que representa un incremento del 17,90 por 100, sobre 1963, que fue de 86.378 toneladas.

El superfosfato de cal registró cifras similares en 1964 y 1963: 326.338 y 325.354 toneladas, respectivamente.

PENARROYA

Peñarroya, en sus instalaciones de Noyelles-Godault, ha producido 90.000 toneladas de plomo, un 15 por 100 más que en 1963. La producción de cinc fue de 45.000 toneladas, con aumento del 50 por 100.

PRODUCCION PETROLIFERA AMERICANA

La producción de petróleo en Estados Unidos se elevó en 1964 a 378.500 toneladas diarias, con un aumento del 2 por 100 en relación al año precedente, mientras que las importaciones constituidas en un 50 por 100 por petróleo bruto aumentaban en un 8 por 100 para alcanzar una media diaria de 116.000 toneladas.

R. E. P. E. S. A.

Unas 5.840.000 toneladas de petróleo crudo fueron destiladas por la Refinería de Petróleos de Escombreras durante el pasado año 1964. Esta destilación supone un aumento de 2,3 por 100 sobre el total destilado en 1963 y significa haber multiplicado diecisiete veces la destilación efectuada durante su primer año de funcionamiento en 1950.

El petróleo crudo importado procedió principalmente de países del Oriente Medio: Arabia Saudita, Irak e Irán. El resto fue traído de Egipto, Colombia y Rusia.

Cerca de cinco millones y medio de toneladas de carburantes, combustibles y aceites lubricantes fueron suministrados al mercado nacional de Refinerías de Petróleos de Escombreras. Esto supone actualmente el 62 por 100 del consumo total en la Península y Baleares.

En estos suministros se integran 42.000 toneladas de aceites lubricantes, que son vendidos en todo el área nacional bajo la marca comercial «Repsol», productos que en una amplia gama de tipos y calidades suponen el 30 por 100 del consumo total de los mismos.

A Butano suministró 187.000 toneladas de combustibles. Esta cifra es algo superior a las entregas realizadas el año anterior. Tales suministros suponen el 47 por 100 del consumo nacional de gases licuados.

LA PRODUCCION YUGOSLAVA DE CINABRIO

La mina yugoslava «Idria» produjo en 1963, 195.000 T. de mineral de mercurio (cinabrio). A pesar del aumento de producción total, la producción de metal descendió (15 T.) por tratarse de mineral de baja calidad. Informes no confirmados hablan de un nuevo descubrimiento que mejoraría la producción yugoslava.

EMPRESA NACIONAL «CALVO SOTELÓ»

Más de 12.390 toneladas de abonos nitrogenados produjo la factoría de Puertollano, de la Empresa Nacional Calvo Sotelo, S. A., durante el pasado mes de enero. En dicho mes se obtuvieron en esa factoría 2.831 toneladas de carburantes; 5.880 toneladas de lubricantes; 1.334 toneladas de disolventes; 334 toneladas de ácido nítrico concentrado y 2.416 toneladas de ácido sulfúrico al 98 por 100.

Las centrales térmicas de la Empresa produjeron 143,3 millones de Kw/h. Esta producción supone un 57,75 por 100 de aumento sobre la conseguida en el mismo mes del año anterior 1964.

La producción de lignitos fue de 90.910 toneladas, y en ese mismo mes se obtuvieron 53.256 toneladas de pizarras bituminosas en las explotaciones de esta Empresa.

LA PRODUCCION ESPAÑOLA DE PLOMO

La producción española de plomo alcanzó en el mes de febrero de 1965 la cifra de 4.712.701 toneladas, contra 4.421.333 toneladas en enero de 1965 y 4.777.689 toneladas en el mes de febrero de 1964.

La producción total durante el periodo enero febrero de 1965 era de 9.134.034 toneladas.

NUEVA VENTA DE MERCURIO DEL «STOCKPILE» AMERICANO

La ASG ha anunciado la venta de otros 10.000 frascos de mercurio a partir del 26 de abril y a precios más altos. Esta venta, como la anterior, se realiza sobre la base de demanda recibida. Los nuevos precios serán de \$ 460 el frasco cuando se trate de venta a un consumidor que adquiera 500 frascos, o más, y de \$ 475 por frasco para cantidades menores. El precio de venta anterior fue de \$ 430 el frasco.

PRODUCCION DE PLATA EN U. S. A.

La Oficina de Minas de los Estados Unidos, en un cálculo preliminar, ha indicado que la producción de plata recuperable de los Estados Unidos aumentó en un 5 por 100 durante 1964, alcanzando la cifra de 37 millones de onzas.

PRODUCCION DE PLOMO EN U. S. A.

La producción de plomo en los Estados Unidos, según cálculos preliminares, ascendió durante 1964 a la cantidad de 283.300 toneladas. En 1964 se ha logrado así una producción de un 12 por 100 superior a la del año 1963.

PRODUCCION DE COBRE EN UGANDA

La producción de cobre blister durante 1964 en las minas de Kilembe, en Uganda occidental ha alcanzado un nuevo record. La producción se elevó a la cifra de 18.000 toneladas, mientras que en 1963 la producción fue de 15.960 toneladas. El valor de venta de la producción alcanzó 6.300.000 libras esterlinas.

INDUSTRIA EN ESPAÑA

Producciones principales
Miles de toneladas

Años	Carbón	Hierro	Acero	Cemento	Energía eléctrica (1)
1953	13.985	800	899	2.773	10.150
1954	14.152	877	1.102	3.323	10.480
1955	14.253	964	1.216	3.752	11.922
1956	14.786	913	1.245	3.999	13.673
1957	16.449	962	1.346	4.489	14.523
1958	17.116	1.302	1.560	4.817	16.350
1959	15.643	1.669	1.823	5.164	17.353
1960	15.545	1.885	1.904	5.234	18.614
1961	15.885	2.077	2.333	6.069	20.880
1962	15.183	2.101	2.309	6.739	22.905
1963	15.547	1.923	2.804	7.188	25.897
1964	14.443	1.816	3.216	8.148	29.600

(1) Millones de kw h.

PRODUCCION PETROLIFERA VENEZOLANA

Durante 1964, la producción petrolera alcanzó en Venezuela un promedio de 3,0 millones de barriles diarios, con un incremento del 4,4 por 100 sobre 1963. El incremento absoluto de la producción durante 1963-64 fue de 54 millones de barriles, y para 1965 se estima un incremento inferior al 4 por 100.

PRODUCCION AUSTRIACA DE HIERRO Y ACERO

La producción de acero bruto el año pasado llegó a 3.194.000 toneladas métricas, comparadas con las 2.947.000 toneladas en 1963. La producción de lingote de hierro alcanzó 2.204.000 toneladas, frente a 2.106.000 toneladas el año anterior, y la producción de acero laminado fue de 2.305.000 toneladas.

El suministro de acero laminado al mercado nacional en 1964 ascendió a 1.157.000 toneladas (1.114.000 toneladas en 1963). Las exportaciones fueron de 1.108.000 toneladas.

MAS DE DOS MIL SEISCIENTAS TONELADAS DE PLOMO PRODUCIDAS POR MINAS DE ALMAGRERA, S. A. DURANTE EL AÑO 1964

Durante el pasado año 1964, la producción de minas de Almagrera, S. A., fue de 4.391,180 toneladas de concentrado; 2.668,773 toneladas de contenido en plomo y 342,185 kilogramos de contenido de plata.

La Ley media en Pb fue de 60,776 por 100 y la Ley media en plata de 0,078 por 1.000.

Durante el cuarto trimestre de dicho año 1964, la producción fue de 840,220 toneladas de mineral concentrado; 514,803 toneladas de contenido en plomo y 71,301 kilogramos de contenido en plata. Las leyes medias fueron de 61,270 por 100 para el plomo y 0,085 por 1.000 para la plata.

Índices de producción industrial

Medias mensuales años 1929/30, 31 = 100

Años	Índice general	AGRUPACION I			AGRUPACION II		
		Minería	Manufacturas	Electricidad y gas	Energía	Minería y Metalurgia	Otras industrias
1953	206	141	136	360	288	91	146
1954	214	146	142	373	296	101	150
1955	240	152	153	440	338	115	159
1956	265	168	157	497	376	131	163
1957	279	181	171	514	394	137	177
1958	305	186	190	567	430	144	196
1959	319	174	199	613	454	151	200
1960	338	176	210	660	481	159	212
1961	368	183	239	718	528	173	239
1962	404	174	250	827	593	172	251
1963	424	176	260	878	626	173	264

ECONOMIA

PRODUCCION INDUSTRIAL EN 1964

La renta industrial en 1964 creció en un 17,1 por 100, en pesetas corrientes, y medida en pesetas de 1963 el incremento fue de 11,6 por 100. Estas cifras corresponden a un alza de la producción industrial, aunque en algunos casos la demanda no haya sido capaz de absorberla totalmente.

INDUSTRIAS EXTRACTIVAS.—CARBON

El año 1964 señala una mayor agudización en la debilidad de las explotaciones mineras. Esta regresión afecta más a la extracción de la hulla, que retrocede a niveles inferiores a los de 1962. Disminuye el número de obreros y las horas trabajadas, y la productividad no varía sensiblemente; en miles de toneladas fue:

	1963	1964	Diferencia %
Hulla	10.171	9.240	- 9,2
Antracita	2.792	2.661	- 4,7
Lignito	2.584	2.542	- 1,6

Las importaciones aumentan considerablemente respecto del año anterior, ante el descenso de la producción nacional. En el periodo enero-septiembre, las compras de hulla en el extranjero crecen en un 90 por 100. Este mineral representa en el tonelaje total un porcentaje muy elevado, de modo que, a pesar de las enormes adquisiciones de antracita y de coque, la cifra global de importaciones en el año 1964 supera en un 70 por 100 a la de 1963; sin embargo, si se compara este incremento con las importaciones del año 1962, la variación es escasa. Las importaciones se favorecen mediante la suspensión de derechos arancelarios para hullas, hullas coquizables y granos de antracita destinados a la calefacción y usos domésticos.

La mejora en los pedidos y la baja de nivel de existencias obedecen en gran medida a una mayor actividad en la siderurgia, fábricas de cementos y, sobre todo, en las centrales térmicas, a consecuencia de un deficiente año hidráulico.

Los precios de venta de los carbones de hulla son elevados en un 2 por 100. Experimentó una subida del 21 por 100; la razón está en la actividad de las centrales térmicas.

El aumento de las inversiones en relación con las efectuadas el año anterior, es inapreciable no obstante su condición de sector prioritario dentro del crédito oficial. Un Decreto del Ministerio de Industria de 10 de diciembre permite una mayor participación extranjera en la expansión y modernización de la industria extractiva.

OTROS MINERALES

Durante el año 1964 la producción minera fue la siguiente en miles de toneladas:

	1963	1964	Variación %
Mineral de hierro	5.193	5.307	2,2
Piritas	2.027	2.347	15,8
Mineral de cinc	167	168	0,6
Mineral de plomo	93	87	- 6,5
Potasas (K ₂ O)	281	305	8,5

Es leve el aumento de producción de mineral de hierro, lo que confirma la situación estacionaria de esta explotación. Durante los primeros nueve meses, la exportación se incrementó en volumen en un 11 por 100 en el mineral de hierro y en un 12 por 100 en las piritas. El descenso de los precios interiores, y muy especialmente de los internacionales, y la fuerte competencia exterior, coloca a las empresas en situación difícil.

En el mineral de cinc, la activación de la demanda reduce las exportaciones, y, en cambio, 7.935 toneladas son adquiridas en el exterior, durante los nueve primeros meses, frente a las 828 toneladas del año 1963. La producción nacional, no obstante esta coyuntura favorable apenas reacciona, ya que el incremento de las extracciones es insignificante. Los precios interiores superan en un 50 por 100 a los del año anterior, como reflejo de las alzas en los mercados internacionales.

El año 1964 para la minería del plomo ha sido similar al anterior. Tuvo también un mercado propicio, pero continuó el descenso de la extracción. La coyuntura nacional e internacional presionó fuertemente, originando una espectacular alza del precio del 103 por 100.

En la potasa se registra un regular incremento en su extracción.

Merece hacerse resaltar el crecimiento en la importación de minerales de manganeso. Durante los nueve primeros meses del año 1963, se compraron 58.317 toneladas; en 1964 para el mismo periodo, la cifra se eleva a 116.982 toneladas. El alza está relacionada con la actividad de las acerías, principales consumidoras de este mineral.

ENERGIA ELECTRICA

La producción de energía eléctrica creció a un ritmo superior al del año 1963; fue en millares de Kwh.

	1963	1964	Variación % 1964
Hidráulica	21.139	20.700	- 2,1
Térmica	4.758	8.900	87,1
Total	25.897	29.600	14,3
Intercambios internacionales...	824	1.540	86,9
Consumo interior	25.073	28.060	11,9

La climatología tuvo una influencia muy marcada en la estructura de la producción, con fuerte incremento experimentado por la energía térmica y disminución de la hidroeléctrica, en relación con el año anterior.

El aumento de potencia en el año 1964 fue de 1.339 M. W., mientras que en 1963 se elevó a 899 M. W. Del incremento de 1964, 1.123 M. W. correspondieron a la energía hidroeléctrica y 215 a la térmica. La expansión, por tanto, se debe sustancialmente a las centrales hidroeléctricas.

En total, la potencia instalada a fines de año era de 9.726 M. W., de los cuales 7.019 corresponden a centrales hidroeléctricas y 2.707 a centrales térmicas.

Entre las nuevas instalaciones destaca la entrada en servicio de las centrales de Puente Bibey y Cornatel (Silo), así como Valdecañas (Tajo). Se inauguró un nuevo grupo de la de Aldeadávila (Duero). Comenzó a embalsar el pantano de Mequinenza (Ebro) después de una interrupción de su puesta en servicio. De las centrales térmicas entraron en funcionamiento el primer grupo de Guardo, el cuarto de Sniace (Torrelavega) y el tercero de Puerto Alcedía.

Se encuentra en curso de realización la central nuclear de energía eléctrica en Zorita de los Canes, de 150 M. W. Fue convocado en el año 1964 un concurso internacional para adjudicar la construcción de la central de Santa María de Garoña, de 300 M. W., y está en estudio la instalación de otra hispano-francesa de 500 M. W.

SIDERURGIA

La producción siderúrgica, 1964, fue la siguiente en miles de toneladas:

	1963	1964	Diferencia %
Lingote de hierro	1.923	1.816	- 5,6
Acero	2.804	3.216	14,7
Coque metalúrgico	2.509	2.353	- 6,2

Sigue registrándose un descenso en el lingote de hierro, imputable posiblemente al proceso de sustitución que se viene dando en la fabricación de acero, como se demuestra por el crecimiento de las importaciones de chatarra, que en 1964 aumentaron en un 50 por 100 respecto del año anterior.

La fabricación de laminados alcanzó la cifra de 2.813.000 toneladas, que supone un fuerte incremento sobre la del año 1963. Ensidesa ha reflejado un nivel de actividad muy superior al de las empresas agrupadas en la Central Siderúrgica.

La demanda ha sido más activa que el año precedente, a causa de la gran animación en el sector de la construcción y en menor grado a la de los vehículos, aparatos electrodomésticos y la construcción naval. Se ve, pues, que la onda expansiva promovida por el vigor del consumo ha tocado, aunque levemente en 1964, a esta industria de cabecera.

Por otro lado, las importaciones de productos siderúrgicos en 1964 han sido análogas a las del año anterior y, en consecuencia, se ha producido un aligeramiento de las existencias, que eran muy elevadas a finales de 1963.

En conjunto, los precios de los productos siderúrgicos han permanecido estables, salvo algunas variedades que, en determinadas épocas, experimentaron alza.

Entre las inversiones hay que señalar la instalación de un horno en Sagunto en sustitución de otro de inferior capacidad. Varios trenes de laminación han entrado en funcionamiento tanto en la empresa pública como en las privadas. Unos cuantos hornos eléctricos de arco entraron en funcionamiento en 1964. Para el año 1965 se espera la realización de fuertes inversiones en las fábricas integrales.

METALURGIA

En los metales no férricos la evolución de las distintas producciones fue la siguiente en toneladas:

	1963	1964	Diferencia %	
			1963	1964
Plomo en barras	62.084	57.500	13,4	- 7,4
Cinc	64.091	63.863	3,9	- 0,4
Cobre electrolítico y de afino térmico	44.713	56.428	- 2,6	26,2
Aluminio	46.312	49.545	3,6	6,9

No deja de sorprender que haya continuado el descenso de la producción de plomo en barras en un año en el que, lo mismo que en 1963, el consumo nacional siguió demandando mayores cantidades de dicho metal, especialmente en virtud del auge que durante el mismo tuvieron la fabricación de vehículos y la construcción civil. El aumento de consumo que se estimaba a finales de 1964 en cifra similar a la del año anterior, acentúa la necesidad de fomentar la producción. El alza de los precios internacionales representaba una magnífica oportunidad para nuevas fundiciones, pero la baja riqueza de los minerales y la deficiencia de las explotaciones mineras, que precisan en su mayoría una total renovación para conseguir que sean rentables, impidió su aprovechamiento.

Los precios del cinc metal sufrieron un alza destacada en el mercado interior, que superó la experimentada en el exterior, lo que puede explicar la reducción de las exportaciones que, en el periodo enero-septiembre, ascendieron únicamente a 13.991 toneladas, frente a 18.896 en el año anterior.

La entrada en funcionamiento de nuevas instalaciones ocasionó el destacado aumento observado en las cifras de producción de cobre, estimulada por la considerable elevación de los precios nacionales, en armonía con las cotizaciones extranjeras. El volumen de importaciones aumentó en los nueve primeros meses en un 13 por 100.

Aun cuando la demanda de las industrias transformadoras de aluminio, por lo general íntimamente ligadas al consumo, sigue creciendo destacadamente, la producción experimentó un moderado aumento, lo mismo que las importaciones. Para sustituirlas se están elaborando importantes proyectos de ampliación de instalaciones con la activa participación de las industrias del sector público. Los precios nacionales permanecieron, prácticamente, estables, lo mismo que los exteriores. El volumen de exportaciones se incrementó, asimismo, moderadamente.

MATERIALES DE CONSTRUCCION

La producción de cemento en el año 1964 es de 8.148.000 toneladas, superior en un 14 por 100 a la de 1963. A pesar de las elevaciones de la capacidad de fabricación, la producción nacional no cubre el consumo interior, por lo que se recurrió a la importación. El volumen de las compras en el exterior es ligeramente inferior en relación con el año precedente: 1.102.720 toneladas durante los nueve primeros meses de 1964 y 1.164.259 para el mismo período de 1963. La fuerte demanda influye moderadamente en el precio del cemento, pero provoca tensiones en algunas zonas. Para regularizar un posible desequilibrio entre producción y demanda, una Orden del Ministerio de Industria señala la zona sur, que comprende todas las provincias andaluzas y la de Badajoz, y preferentemente su parte occidental, como la región donde es necesario llevar a la práctica nuevos proyectos o ampliaciones de las instalaciones de cemento artificial portland, con el propósito de obtener, en el año 1967, una producción mínima de 2.227.000 toneladas. Esta cifra está basada en la previsión de las exigencias de los polos de desarrollo de Sevilla y de promoción de Huelva. Asimismo, otra Orden ministerial estima necesario establecer en la zona centro-occidental, y especialmente en las provincias de Salamanca o Cáceres, instalaciones capaces de producir 300.000 toneladas anuales, a partir del año 1967. Se han presentado varias solicitudes de instalación de cementerías para el polo de desarrollo de Huelva.

Se observó escasez de ladrillos y de algunas variedades cerámicas.

QUIMICA

El desarrollo de la industria química nacional no evitó que siguiera considerándose la dependencia de las importaciones en muchos productos, en especial los orgánicos de base e intermedios, así como las materias plásticas y resinas artificiales, siendo todavía de gran

importancia las compras de abonos nitrogenados en el extranjero. Como causas determinantes de esta pérdida de posiciones de la industria nacional, deben señalarse: la imposibilidad de competencia por razón de los mayores costes derivados del uso de técnicas e instalaciones anticuadas, y la insuficiencia de inversiones precisas para renovarlas y atender las nuevas y crecientes necesidades del consumo.

QUIMICA INORGANICA

La producción de este ramo en toneladas métricas fue:

	1963	1964	Diferencia %	
			1963	1964
Acido sulfúrico	1.495.000	1.663.000	20,4	11,3
Sosa cáustica	145.902	159.763	5,4	9,5
Carbonato sódico	185.836	198.473	11,5	6,8
Azufre	37.086	26.257	-18,0	-29,2
Carburo de calcio	99.120	109.825	15,0	10,8

Durante el año se incrementó sensiblemente la demanda de ácido sulfúrico, sin que la producción creciera con la espectacularidad de 1963. Esta tensión de la demanda dio lugar a la suspensión de los derechos arancelarios para las importaciones de este producto, decretada en mayo y prorrogada en diciembre, que originó un considerable aumento de las importaciones, aunque su volumen respecto a la producción total carece de importancia.

En general, la tónica de los precios de los artículos químicos de base, ha sido de alza moderada. La cartera de pedidos evolucionó hacia niveles más elevados en los meses de marzo a mayo, volviendo al nivel de enero a partir de entonces. Las existencias descendieron durante el mismo lapso de tiempo, pero este descenso continuó el resto del año. La tendencia a aumentar la producción se reforzó considerablemente durante el segundo semestre, superando el nivel del año anterior que no había sido alcanzado en los primeros seis meses. No obstante, en diciembre aparecen síntomas de debilidad.

Por su carácter regresivo destaca la producción de azufre, que continúa siendo claramente desplazada por las importaciones, en razón de los menores precios extranjeros, que son acusadamente más bajos que los nacionales, pese a que éstos permanecen estancados desde 1961.

ABONOS

La producción de abonos en toneladas métricas fue:

	1963	1964	Variación %	
			1963	1964
Nitrato amónico cálcico	320.116	366.533	25,6	14,5
Sulfato amónico	510.832	625.258	22,0	22,4
Cianamida cálcica	4.085	6.250	2,9	53,0
Urea	4.452	35.848	-	705,2
Superfosfato de cal	1.873.000	1.856.000	3,1	-0,9

Hasta septiembre las importaciones de abonos nitrogenados superaban, en peso, a las del año anterior en un 11 por 100, porcentaje que se eleva al 17.5 si se incluyen los abonos compuestos y complejos. Al aumento de la producción nacional de sulfato amónico en un porcentaje similar a 1963, correspondió, asimismo, un incremento de las importaciones, por lo que parece operarse una reanimación de la demanda.

No obstante, el temor al exceso de oferta, ante la importancia de las nuevas fábricas en instalación y proyecto, parece reflejarse en la suspensión de la libre instalación de fábricas de amonaco, acordada en diciembre.

Los precios tendieron al alza, siguiendo el movimiento internacional en dicho sentido, por lo que fue preciso consolidar las medidas encaminadas a disminuir la protección aduanera.

En los supertostatos, la nota más destacada es el incremento de las cantidades exportadas, pese a que los precios exteriores sufrieron una baja bastante importante, mientras el precio nacional experimentó una alza apreciable en el verano.

Al aumento de la producción de potasa, sigue el de las ventas al extranjero, que en septiembre superaban en un 17.7 por 100 a las de 1963. En el año se produjo un destacado cambio de perspectivas de la demanda mundial y las compras llevadas a cabo por Japón, Sudáfrica y países del Bloque Oriental, absorbieron los excesos de oferta que se presentaron en 1965.

DESTILACION DE PETRÓLEO Y DERIVADOS

Es esta rama una de las que con mayor intensidad han acaparado la atención de la opinión pública, tanto en lo relativo al continuo desarrollo de la producción y del consumo, que aumentaron en un 18 por 100, como por la cristalización de importantes proyectos, cuya trascendencia para el futuro de nuestra industria química es evidente.

La destilación de crudos petrolíferos pasó de 10.7 millones de toneladas métricas en 1963 a 12.7 millones en 1964, incluyendo los tratados en régimen de maquila; utilizándose casi totalmente la capacidad de refino existente, que asciende a 14 millones de Tm, anuales, incluida la nueva refinería de La Coruña que entró en servicio durante el año. Se espera que en 1965 empiece a funcionar la de Puertollano.

Durante el año se autorizó la construcción de tres nuevas refinerías con capacidad para tratar otros 7 millones de toneladas. La producción se destinaría preferentemente a la exportación. A diferencia de otros países, la política de construcción de refinerías en España tiende a situarlas en el Sur y a alejarlas de los actuales núcleos industriales, e incluso del mar, como es el caso de Puertollano, con la finalidad de que sirvan de base a una futura industria petroquímica anexa.

RESULTADO DEL CONCURSO PARA INSTALAR NUEVAS INDUSTRIAS EN LOS POLOS

En el segundo concurso para la obtención de los beneficios concedidos en los polos de promoción y de desarrollo industrial, cuyo plazo de presentación concluyó el día 1 de febrero, se han presentado un total de 333 solicitudes, que suman una inversión fija de 23.896 millones de pesetas y que suponen la creación de 27.347 puestos fijos de trabajo.

El polo con mayor número de solicitudes y con mayor volumen de inversión propuesta es el de Zaragoza, en el cual se han presentado 79 instancias, por valor de 6.164,8 millones de pesetas de inversión.

El polo de Burgos ha registrado 67 solicitudes nuevas, siguiéndole Huelva, con 44;

Valladolid, con 42; Sevilla, con 40; La Coruña, con 32, y Vigo, con 29 instancias presentadas.

Por el volumen de inversión figuran después de Zaragoza los polos de Huelva, con 6.050 millones; Burgos, con 3.438 millones; Vigo, con 3.230 millones; Sevilla, con 2.180 millones; Valladolid, con 2.069 millones, y La Coruña, con 760 millones de pesetas.

Con arreglo a los puestos de trabajo creados, también figura el polo de Zaragoza en primer lugar, con 5.882, ocupando el segundo Burgos (5.812) y luego Vigo (4.292), Huelva (3.936), Sevilla (3.043), Valladolid (2.734) y La Coruña (1.648).

PRESTAMO DEL EXIMBANK PARA LA PRIMERA CENTRAL NUCLEAR

Se ha firmado en Washington el contrato entre la Unión Eléctrica Madrileña y el Export Import Bank por el que se regula el préstamo de 25.500.000 dólares concedidos a España para la construcción en la provincia de Guadalajara de la primera central nuclear.

Esta central nuclear que se instalara en Almonacid de Zorita, funcionará con uranio español pero la primera carga de combustible será adquirida en los Estados Unidos con parte de los fondos de este préstamo.

Se espera que esta central pueda entrar en servicio a finales de 1967.

TRANSPORTADOR DE CINTA, DE POTASAS DE NAVARRA

El transporte por cintas de Potasas de Navarra, con casi 4 kilómetros de longitud, es el más largo del mundo en una sección sola, habiéndose calculado para transportar 620 toneladas por hora.

La obra ha costado aproximadamente 25 millones de pesetas, y se estima que el costo será de unos 70 céntimos por tonelada transportada, que se considera la mitad de lo que hubiera costado dicho transporte por medios corrientes.

FRASIL EXPORTARA MINERAL DE HIERRO

La Companhia Vale do Rio Doce, que ocupa el séptimo lugar entre las mayores productoras de mineral de hierro en el mundo, está proyectando un programa de expansión que triplicara su producción y representa una inversión adicional de 100 millones de dólares.

Esta empresa tiene su casa matriz en Rio de Janeiro y dirige sus operaciones desde Itabira, en el Estado de Minas Gerais. El mineral de hierro es extraído de una zona de 65.000 kilómetros cuadrados en la cuenca del río Doce. La compañía se propone aumentar su capacidad actual de 7,6 millones de toneladas por año a 21,6 millones por año en 1970. De este total, la empresa cuenta con exportar 17,6 millones de toneladas de mineral bruto y dos millones de toneladas en pellas. El resto será consumido en el país.

Para lograr estos objetivos, la compañía se propone mejorar sus instalaciones mineras existentes; modernizar y ampliar su material rodante, locomotoras y vías; construir un nuevo puerto en Ponta de Tubarão, seis millas al Norte del puerto existente, Vitoria, e instalar una planta de pellas para aprovechar los finos.

Como contribución a este proyecto de ampliación, el Banco de Desarrollo Interamericano aprobó un préstamo de 28,8 millones de dólares en favor de la empresa brasileña.

EL PETRÓLEO EN URUGUAY

Cuenta Uruguay con una refinería de petróleo en Montevideo, con una capacidad de 7 500 metros cúbicos.

Recientemente llegaron a un acuerdo la Administración Nacional de Combustible uruguayo y la Empresa Petrolera argentina «Yacimientos Petrolíferos Fiscales», para la construcción de un oleoducto, cuyo coste se ha estimado entre 10 y 15 millones de dólares.

En la zona norte del país se estima riqueza de petróleo donde han comenzado las primeras perforaciones.

EL PETRÓLEO DE LA EUROPA OCCIDENTAL

Un periódico de Londres dedicado a la rama de petróleo, advierte contra el optimismo excesivo sobre las fuentes de gas natural y petróleo en el Mar del Norte. Agrega que aún cuando se realice al máximo esfuerzo de exploración, la Europa Occidental no puede esperar lograr una autosuficiencia en hidrocarburos. Dice que la mayoría de los europeos consideran normal que la exploración de petróleo y gas, especialmente bajo el Mar del Norte, sea un gran éxito, y que la opinión bien informada, desde luego, estará de acuerdo en que las oportunidades para lograr nuevos hallazgos son hoy mayores que nunca, si bien la experiencia ha demostrado que sólo uno de cada ocho o nueve pozos de exploración es probable que proporcione petróleo en cantidades explotables.

EL CARBÓN EN EUROPA

Delegados franceses y de Alemania occidental han expresado reservas en el Consejo de Ministros de la CECA en torno a las pesimistas previsiones de la alta autoridad sobre el futuro de la industria europea del carbón. Un funcionario de la alta autoridad manifestó a los ministros que el empleo actual del carbón en el consumo de energía de la CECA disminuyó el año último en un 2 por 100 y que los próximos años aún continuará disminuyendo.

Los representantes franceses y alemanes manifestaron que tales previsiones eran exageradas y que podrían tener consecuencias psicológicas de carácter depresivo sobre la industria carbonífera.

ESPAÑA Y EL MERCADO COMUN

Existe gran discreción en torno a las conservaciones España-Mercado Común, de las que se dice en la capital belga que siguen su curso normal a nivel de comisión. Como se recordará, el pasado 9 de diciembre de 1964 tuvo lugar la primera reunión de ambas delegaciones. En la actualidad está siendo objeto de estudio por parte de la Delegación Comunitaria, el informe presentado por España. Como consecuencia de este estudio se va a proceder próximamente a una discusión general sobre la Declaración española y seguidamente al examen de los distintos puntos o materias que determinen esta etapa de conversaciones.

PETROQUÍMICA DEL JAPÓN

La producción petroquímica del Japón representará en 1967 el 35 % de la producción total de la industria química del país. El incremento registrado hasta ahora en dicho sec-

tor a partir de 1958, año en que inició su funcionamiento en el Japón el primer gran complejo industrial petroquímico, fue del 50 %.

GAS NATURAL HOLANDES PARA LA REPUBLICA FEDERAL ALEMANA

Según un acuerdo firmado recientemente entre la firma alemana «Thyssen-Gas und Wasserwerke GmbH», y la División de Exportación de Gas de la empresa holandesa «N. V. Nederlandse Aardolie Maatschappij» (filial conjunta de la Shell y la Esso), esta última suministrará gas natural de procedencia holandesa a la República Federal Alemana. Las cantidades anuales suministradas se elevarán gradualmente hasta llegar a alcanzar los 4.000 mill. m³ en 1975.

CENTRALES NUCLEOELECTRICAS

Actualmente hay en el mundo unas 73 centrales eléctricas atómicas en funcionamiento o en vías de construcción. Entre todas ellas representan una potencia instalada de 11 millones de kilovatios. La mayor potencia eléctrica instalada de origen atómico la posee Gran Bretaña con sus 15 centrales nucleares. En los Estados Unidos hay por lo menos 25 centrales construidas o proyectadas a base de reactores de diferentes tipos. Según datos suministrados últimamente por el Foro Atómico Alemán, siguen a estos países Francia, con 9, y la Unión Soviética, con 5 centrales eléctricas nucleares.

AUMENTA EL CONSUMO DE ALUMINIO EN ESPAÑA

En el cuadro adjunto, de producción y ventas, se refleja la evolución del sector durante el año 1964, en relación con el anterior (Tm.):

	Producción	Consumo	Exportación
1963	46.312	34.239	12.041
1964	49.545	42.819	10.859

Es preciso destacar el elevado incremento del consumo, como resultado de la aplicación del campo de sus aplicaciones, principalmente en las industrias de la construcción, automóvil, envasado y otros. Este aumento se estima en un 21,6 por 100 si tenemos en cuenta las importaciones, que en 1963 se elevaron a unas 17.416 Tm. y al finalizar 1964 habrán llegado a una cifra de 20.000 Tm.

Los precios medios de venta en ptas./Kg. han sido los siguientes:

	Interior		Exportación	
	1963	1964	1963	1964
E. N. D. A. S. A.	33,90	34,81	25,30	26,09
Aluminio Español, S. A.	34,00	34,00	26,60	28,00

En cuanto a la cotización internacional, que a finales del año 1963 se había recuperado alcanzando el precio de 186 libras Tlg. en la Bolsa de Londres, se ha mantenido y finalizó 1964 en las 186 libras.

UNA POLITICA EUROPEA DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNICA

El Gobierno francés ha propuesto a la Comunidad Económica Europea organizar un debate a nivel ministerial para determinar la política científica y técnica de la Comunidad.

En la nota francesa de propuesta se señala que entre los objetivos que el Tratado de Roma asignó a la C. E. E. figura el de promover un desarrollo armonioso de las actividades económicas y una expansión continua y equilibrada. Ahora bien, estas nociones implican la necesidad de realizar, en común, esfuerzos en el dominio de la investigación científica y técnica. Sin embargo, el tratado no prevé a este propósito ningún procedimiento preciso. Francia insiste en el riesgo real de que la distancia tecnológica entre Europa y Estados Unidos vaya aumentando, tanto más cuanto que se atestigua un movimiento inquietante de emigración de universitarios y sabios europeos hacia aquel país. Hasta 1960 parece que Francia, levantada ya de las ruinas de la guerra, estaba a punto de colmar su retraso; pero las estadísticas de los tres últimos años muestran, sin embargo, que el ligero retraso de la expansión europea corresponde una recuperación impresionante en los Estados Unidos, explicable en parte por el recurso en masa a los técnicos principales del otro lado del Atlántico.

LA METALURGIA DEL COBRE Y LOS PRECIOS

El año 1964 se ha caracterizado en este sector por la reducción de las importaciones de cobre blister, cuyo cupo se ha reducido en 15.000 Tm., pasando a ser de 10.000 Tm.

La producción nacional en cobre refinado ha alcanzado en total las 56.428 Tm., no habiendo sufrido variación sensible la capacidad de producción.

Los precios interiores han experimentado un aumento que se puede estimar en el 75 por 100, como resultado de la elevada alza de la cotización internacional de este metal.

No obstante, conviene observar que han existido divergencias muy fuertes entre los precios internacionales. Así, mientras la cotización del London Metal Exchange ha llegado a las 550 libras por tonelada, los precios del productor (regidos por contratos especiales) se han mantenido alrededor de las 300 libras por tonelada.

Ello ha repercutido en nuestra fabricación y en las ventas. En la fabricación, porque al adquirir nuestras importaciones de blister a la cotización de Londres, se explica el alza de precios que se ha señalado, paralela al alza de la cotización internacional.

Pero, a su vez, esta alza ha reducido las ventas de los fabricantes nacionales, estimulando, en cambio, las importaciones de productos acabados y semi-elaborados, cuyos precios, en muchos casos, son sensiblemente más baratos por estar fabricados con metal adquirido al precio de productor.

SE PREVE UN AUMENTO DEL CONSUMO DE PLOMO Y CINC

Uno de los principales expertos en metales no férricos ha predicho un aumento total del consumo mundial de los países no comunistas de plomo desde 1965 a 1968 de unas 350.000 toneladas a razón de un 3 % anual. Olof Wolff, vicepresidente de investigación y desarrollo de la «Consolidated Mining and Smelting Co. of Canada Limited», ha manifestado en una reunión conjunta de la Asociación de Industrias del Plomo y del Instituto Americano del Cinc que a corto plazo es de prever un ligero aumento del actual consumo, sobre todo a partir

del año en curso. Wolff añadió que por regiones el menor aumento lo registrarían los Estados Unidos con unas 70.000 T., comparado con 120.000 T. en Europa, 65.000 T. en Japón y 100.000 en el resto del mundo. Para 1968 la demanda total será de 3 1/4 M. de T.

Para el cinc es probable que la demanda mundial en 1968 sea algo más de 4 M. de T., con un aumento anual de 3 1/2 %. Europa será la que registre el mayor aumento con 160.000 T. en cuatro años, siendo el aumento de Estados Unidos, Japón y otras zonas del orden de 90.000 a 125.000 T. para 1968.

CONSUMO DE PETROLEO EN ESPAÑA

Durante el pasado año los españoles han gastado un litro de petróleo al día, aproximadamente. En 1953 el consumo anual «per capita» era de 80 litros, contra 287 en 1963. El consumo anual total en el pasado año es estimado en 10,8 millones de toneladas, y para 1967, en 15,2, según el Plan de Desarrollo.

CAPACIDAD DE REFINO ESPAÑOLA

Actualmente la capacidad de refino se mantenía en línea con la demanda gracias a Cepsa, Repesa, Calvo Sotelo y ahora con la de Petrofiber, en La Coruña. En los años siguientes es fácil que haya problemas de abastecimiento, pues las refinerías nuevas tardarán de dos a tres años en ponerse en marcha.

En el presente año la capacidad de refino podrá llegar a los quince millones de toneladas anuales, distribuidos con arreglo a las siguientes cifras:

Cepsa	5,3
Repesa	5,5
Encaso	2
Petrofiber	2

De este total hay que deducir 3,3 millones de toneladas que Cepsa destina al suministro de buques extranjeros.

Para ello, la capacidad de refino para este año será del orden de los 12 millones.

EL COBALTO EN 1964

La producción de cobalto del mundo libre se elevó en 1964 a 13.750 toneladas aproximadamente, mientras que en el año 1963 fue de 13.950. Aumentó la producción por parte de la República del Congo, Canadá y Marruecos, y tuvo una disminución Alemania. La cifra relativa de Zambia ha disminuido grandemente debido a que se cerró el año 1964, la fábrica de cobalto de mayor producción del país.

El cobalto electrolítico de alta pureza aumentó su producción y ha sido puesto ya en venta por la Union Minera de Haut Katanga, y el cobalto U. M. K. maleable ha sido puesto al mercado por la Sociedad Hoboken. La entidad Sherritt Gordon Mines Ltd. ha anunciado la fabricación de cobalto a partir de los productos obtenidos por la metalurgia del polvo.

En cuanto se refiere al consumo se espera que en los Estados Unidos la cifra durante 1964 haya sido sensiblemente superior a las 4.656 toneladas consumidas en 1963.

El cobalto fue retirado el año pasado de la lista de productos donde la exportación hacia el bloque soviético estaba prohibida en los Estados Unidos.

PROPUESTA SOBRE EL PETROLEO

La Comisión ha presentado al Consejo de la CECA una propuesta mediante la cual se pretende obligar a los países miembros de la Comunidad a mantener unos «stock» mínimos de petróleo bruto y productos petrolíferos, basada en el artículo 103 del tratado.

En esta propuesta los Estados miembros son invitados a mantener permanentemente en su territorio unas existencias equivalentes a la media del consumo interior del año precedente durante 65 días. Puede ser reducida, hasta un 15 % del nivel de las existencias exigidas, la parte cubierta por los productos extraídos del subsuelo.

Estarán sometidos a esta obligación de almacenamiento la gasolina, carburantes de avión, keroseno, gas oil y fuel-oil.

Las existencias constituidas sobre el territorio de un Estado miembro por cuenta de empresas establecidas en otro, podrán ser consideradas por este último como disponibles para la aplicación de esta propuesta; la Comisión podrá elaborar y someter los proyectos en este sentido de acuerdo con los Estados miembros interesados. Esta disposición tiene por objeto evitar que el desarrollo de los intercambios de productos petrolíferos entre Estados miembros no se vea contrarrestado por la obligación de almacenamiento que será impuesto a las compañías petrolíferas.

La propuesta prevé la información trimestral por los Estados miembros a la Comisión de los datos estadísticos de existencias disponibles. La Comisión someterá cada año al Consejo un balance sobre la ejecución de la propuesta, y formulará, después de la consulta a los Estados, todas las sugerencias sobre las medidas a tomar en el caso de que se hayan originado dificultades en el aprovisionamiento de petróleo a la Comunidad.

La Comisión ha pedido igualmente que en el momento de la adopción de la propuesta conviene que exista, para ciertos productos sometidos a la obligación de almacenaje, una reglamentación concerniente a los precios, la cual deberá tener en cuenta el aumento de los costos que resultarían de esta obligación.

La evolución del consumo de productos energéticos de la CEE en estos últimos años ha estado caracterizada, por un aumento muy rápido de las necesidades de petróleo, pues ha pasado de 20 millones de toneladas en 1950 a 143,7 millones en 1963. El futuro parece confirmar esta tendencia, ya que las necesidades estimadas para 1970 ascienden a 250 millones de toneladas y a más de 300 para 1975.

Actualmente la Comunidad no produce más que un 7 % del petróleo que consume y se puede pensar, sin temor a equivocarse, que visto el ritmo de desarrollo de las necesidades y la parte creciente de estas necesidades cubiertas por el petróleo, Europa continuará en el curso de los próximos años dependiendo de las importaciones del petróleo bruto.

Por ello se plantea el problema de la seguridad y regularidad de los aprovisionamientos de la Comunidad. El almacenamiento de los productos petrolíferos debe permitir, en caso de interrupción de ciertas corrientes de importación, asegurar a corto plazo el mantenimiento de los suministros en los mercados internos.

Toda vez que el almacenamiento no constituye más que un medio, entre otros, de mejor garantizar la seguridad de los aprovisionamientos, se deberá recurrir a otros más, paralelamente a los considerados en la propuesta, con el fin de aumentar dicha seguridad.

ESTADOS UNIDOS REDUCE SUS IMPORTACIONES PETROLIFERAS

El Departamento de Defensa de los Estados Unidos ha anunciado que reducirá en un 9 por 100 sus adquisiciones de petróleo en el exterior con el fin de contribuir a la dismi-

nución del déficit de pagos del país. La decisión no afecta al petróleo venezolano. Aproximadamente, las adquisiciones de petróleo del Departamento de Defensa en el exterior asciende a 124 millones de barriles, con valor de 26 millones de dólares.

NUEVO OLEODUCTO EUROPEO

El oleoducto entre Trieste y Viena será finalizado el año 1968, según ha anunciado el director gerente de la entidad austriaca O.E.M.V., o Administración Austriaca de Aceite Minerales.

Se ha indicado que la capacidad del oleoducto será de seis millones de toneladas. El problema que se plantea es de si el oleoducto Trieste-Viena utilizará las instalaciones de oleoducto transalpino, o bien por el contrario, será necesario construir un túnel propio para el mismo. El petróleo será refinado en la refinería de Schwechat.

AYUDA DE KRUPP A BOLIVIA

La empresa Krupp, de Essen, ha ofrecido un crédito de 1,5 millones de dólares a la industria minera boliviana, para la adquisición de un pequeño equipo minero, según ha declarado el director del Banco Minero Boliviano.

EMPRESA NACIONAL ADARO, S. A.

Casi 700 kilos de oro fueron producidos durante el año 1964 en sus explotaciones auríferas de Rodalquilar.

La cantidad exacta de dicha producción fue de 694.395 gramos. Esta cifra es la más alta alcanzada y supone un 56 por 100 de aumento sobre la producción de 1963.

POSIBLE ELEVACION DEL PRECIO DEL COBRE CHILENO

El ministro chileno de Minas se ha negado a comentar los informes publicados en el periódico de Santiago «Noticias de Última Hora», según los cuales el Gobierno de Chile propone elevar el precio del cobre destinado a la exportación. Según el citado diario, tal aumento parece ser una de las decisiones adoptadas por el vicepresidente del Departamento del Cobre, Javier Lagarrigue, tras su visita a diversos países europeos y Estados Unidos, donde pulsó la situación de los mercados de dicho producto.

DOS NUEVAS ACERERIAS EN FILIPINAS

Dos acerías van a construirse en Filipinas para suministrar a las industrias locales básicas con gran necesidad de productos de acero.

Se trata de la Iligan Integrated Steel Mills, que estará terminada en 1968, en Mindanao en el sur de las Filipinas, y la Santa Inés Integrated Steel Mills, del centro de Luzón.

Se espera que las acerías contribuyan grandemente a la industrialización del país y salvar las vitales necesidades de intercambios extranjeros. En 1963 las importaciones totales de productos de acero acabados y semiacabados costaron al país 96 millones de dólares.

DISMINUYE LA PRODUCCION DE PETROLEO EN ARGENTINA

Ha seguido bajando en 1965 la producción de petróleo crudo en la Argentina, mientras que las importaciones han aumentado.

La producción durante los meses de enero y febrero de este año ascendió a 2.550.023 metros cúbicos, con una disminución de 84.031 metros cúbicos en relación con idéntico periodo de 1964.

INDUSTRIA PETROQUIMICA EN PUERTO RICO

El grupo de Royal Dutch Schell y la Commonwealth Oil Refining Company ha manifestado que proyecta construir una gran industria petroquímica en Puerto Rico. Producirá al año 30 millones de galones de cyclohexano, materia importante para la elaboración del nylon.

INSTALACION DE ACIDO SULFURICO DE RIO TINTO

La empresa Rio Tinto prosigue la realización de sus instalaciones de ácido sulfúrico, esperándose que para el mes de agosto estén concluidas. La capacidad de producción prevista para las instalaciones correspondientes a la primera fase es de 675 toneladas/día de ácido sulfúrico 100 por 100.

LA INDUSTRIA DEL PETROLEO COLOMBIANA EN SITUACION ALARMANTE

Expertos en materias petrolíferas han considerado la situación de la industria petrolera colombiana como «alarmante», no sólo para las compañías privadas, sino principalmente para el país. Todos los cálculos de los técnicos, inclusive de la C. E. P. A. L., coinciden en que Colombia deberá aumentar en tres años su capacidad de producción en un 10 por 100 anual para no pasar de nación exportadora a importadora de petróleo. Si para 1968 el país no está produciendo 100 millones de barriles por año, antes de 1973 la producción será insuficiente para atender el consumo nacional.

AUTORIZACIONES DE IMPORTACION EN FRANCIA DE PETROLEO Y ACEITES

El «Boletín Oficial» francés publica un decreto por el que se conceden autorizaciones anuales de importación de petróleo, gasolina, grasas y aceites lubricantes, válido para un periodo de tres años a contar desde el próximo mes de septiembre.

Estas autorizaciones de importación son, en realidad, autorizaciones de distribución en el mercado francés, puesto que las refinerías francesas son consideradas como instalaciones extra territoriales con inspectores de aduanas adscritos a ellas.

CENTRAL NUCLEAR EN BURGOS

Las compañías norteamericanas General Electric, Westinghouse y Babcock-Wilcox, y la inglesa The Nuclear Power Group, presentaron en las oficinas de Nucleor, en Santander,

sus propuestas para la construcción de una central nuclear de 300.000 kw., capaz para la producción de 2.000 millones de kWh. anuales.

Esta central estará situada en las proximidades de Santa María de Garoña, provincia de Burgos, en un recodo que forma el embalse de Sobrón, en el río Ebro.

Nucleor es la sigla de Centrales Nucleares del Norte, empresa constituida por Iberduero y Electra del Viesgo, a partes iguales, para el proyecto, construcción y explotación de las centrales nucleares necesarias para alimentar sus mercados eléctricos. La central de la que hablamos --segunda que será construida en España-- está prevista para cubrir la demanda de energía de la zona vasco-cantábrica, zona con un índice de crecimiento de consumo muy elevado, debido a su grado de industrialización.

REFINERIA NORTEAMERICANA EN ALEMANIA

La America International Oil Company proyecta la construcción de una nueva refinería de petróleo en la zona de Duisburgo, en el distrito del Rin. La capacidad de la misma sería de tres millones de toneladas de refino al año.

PETROLEO VENEZOLANO

El Gobierno de Venezuela no otorgará ninguna nueva concesión para explotar el petróleo. Todas las zonas que estaban en calidad de reserva han sido adjudicadas a la Corporación Venezolana de Petróleo, única entidad que puede explotar esas zonas representando directamente al Estado.

El economista venezolano y secretario de la C.E.P.A.L., José Antonio Mayobre, ha aclarado, comentando la noticia, que en 1963 todas las instalaciones industriales de las empresas petroleras extranjeras que operan hoy en Venezuela, pasarán al Estado sin que éstas tengan que desembolsar un sólo centavo en concepto de indemnización.

LA INDIA PIERDE DINERO EN LAS EXPORTACIONES DE MINERAL

Mister Manubhai Shah, ministro de Comercio indio, ha dicho a su Parlamento que la Corporación Comercial de Metales y Minerales había perdido unas 150.000 rupias en la exportación de 2.400.000 toneladas de mineral de hierro durante los seis meses finalizados el 31 de marzo de 1964.

Dijo también, que esta pérdida era debida a la reducción del precio de exportación que había forzado la severa competencia del mercado mundial y al mayor costo de transporte y de manipulado en la India.

PETROLEO SOVIETICO PARA ALEMANIA

La Unión Soviética entregará tres millones de toneladas de petróleo crudo a la República Federal Alemana en el año 1965, casi medio millón más de toneladas que el año pasado, ha anunciado la agencia Tass.

Petroleros soviéticos transportan el petróleo a Witheims Have desde Ventspils, Latvia.

NUEVO CÓDIGO MINERO

En una declaración conjunta hecha recientemente por el ministro de Minas y Petróleo, coronel Menéndez Pereira, y el presidente de la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL), coronel Lechin Suárez, se anuncia la próxima promulgación de un nuevo código minero. Se tienen en estudio las nuevas escalas de los cánones, basadas en una participación estatal mínima de 1.10 dólares (pesetas 66) por tonelada de estaño.

CENTRAL NUCLEAR JAPONESA

La Japan Power Generating Company ha anunciado que en fecha próxima se encontrará dispuesta a emprender la construcción de la segunda central generadora de energía de carácter nuclear. El proyecto se pretende iniciarlo este año o al comienzo de 1966.

INVERSIONES DE ESSO EN ITALIA

Esso Standard Italiana informa que sus inversiones de capital durante el año pasado importaron 45 millones de liras, el 30 por 100 de las cuales corresponden al sur de Italia. Los proyectos para el año en curso incluyen la ampliación de la refinería de Skarpom, en Trecate, en la que Esso tiene una participación del 50 por 100; la construcción de una nueva planta de alquitran y una unidad nueva de destilación primaria en la refinería Rasiom, de Augusta.

LOS BENEFICIOS DE LA RIO TINTO CINC CORPORATION

La sociedad Rio Tinto Cinc Corporation Limited ha informado que sus beneficios durante 1964 se elevaron a la cifra de ocho millones de libras esterlinas. En 1963 fueron de 6.303.000 libras esterlinas.

INFORME ECONÓMICO DE LA GULF OIL CORPORATION

Gulf Oil Corporation entro en los Estados Unidos mas capital procedente de sus operaciones en el extranjero, que el enviado al extranjero durante el año 1964.

En su informe anual enviado a los accionistas, el Presidente Ejecutivo W. K. Whiteford y el Presidente E. D. Brockett declaraban:

«Gulf ha seguido tradicionalmente la norma de utilizar los beneficios procedentes de sus operaciones extranjeras en financiar su expansión fuera de los Estados Unidos... Sus directivos desean cooperar por todos los medios posibles con los esfuerzos del Presidente Lyndon B. Johnson para traer el torrente de dólares empleados en el comercio internacional a un balance mas favorable para los intereses de los Estados Unidos. Por el momento no existe ninguna razón que haga temer que esta situación pueda restringir la capacidad de beneficios de Gulf fuera del país. Durante los diez años últimos, alrededor de las tres cuartas partes del capital invertido por Gulf ha sido gastado dentro de los Estados Unidos».

Gulf informó previamente que los beneficios netos obtenidos en 1964 alcanzaban la

suma de \$ 395.118.000, lo que representa un aumento de 6.4 % sobre los 371.353.000 netos de 1963. Las ganancias netas de 1964 fueron equivalentes a \$ 3.81 por acción, o lo que es igual, a \$ 0.25 por acción sobre el año anterior.

El capital total de Gulf y sus compañías subsidiarias alcanzó la suma de \$ 4.667.070.000 en 1964, lo que significa un aumento de \$ 117.595.000 sobre el año anterior.

Las ventas en todo el mundo así como otros beneficios de las operaciones alcanzaron la cifra de \$ 3.803.682, lo que supone un aumento de \$ 226.617.000 sobre 1963. Los factores que contribuyen a conseguir este aumento fueron al alza de un 15 % en la producción mundial de gas natural, aproximadamente un aumento de 125.000 barriles diarios en la producción neta de petróleo crudo y gas natural líquido y un incremento del 9 % en las ventas totales del producto refinado. Igualmente las ventas de productos químicos fueron más que duplicadas.

Los gastos totales de capital invertido con fines de exploración, propiedades, instalaciones y equipos, así como las inversiones en negocios con ellos relacionados ascendieron a \$ 649.282.000.

La producción neta mundial de Gulf durante 1964 en cuanto a petróleo crudo y otros hidrocarburos líquidos se refiere, alcanzó un promedio de 1.933.376 barriles diarios, lo que supone un aumento de 124.325 barriles diarios sobre la cifra de 1963. La producción neta en Estados Unidos de todos los hidrocarburos líquidos fue de 446.222 barriles diarios.

El petróleo crudo elaborado en refinerías de Gulf y por su propia cuenta en el mundo alcanzó un promedio de 1.084.029 barriles diarios, un aumento de 64.059 barriles sobre 1963.

PRODUCTOS PETROLIFEROS RUSOS PARA LA INDIA

La Unión Soviética va a aprovisionar a la India con 800.000 toneladas métricas de productos de petróleo en 1965 y 1966 bajo tratado firmado en esta capital por el presidente de la India Oil Corporation, P. A. Gopalkrisnan y el presidente de la Corporación Soviética de Productos del Petróleo en Europa.

Estas cantidades complementarán la importación de 1,5 millones de toneladas de productos de petróleo bajo tratado anterior. Aparte de las cantidades mencionadas en el tratado, el presidente de la Corporación Soviética ha accedido a considerar el suministro de mayores cantidades de petróleo, que podrá ser adquirido por la India en lo sucesivo y a partir de la fecha.

NUEVA FABRICA NORUEGA DE FLUORURO DE ALUMINIO

Va a ser construida y explotada conjuntamente por la «Norsk Sprængstoffindustri» y la «Kaiser Chemicals» una División de la «Kaiser Aluminium & Chemical Corporation», la primera fábrica noruega destinada a la producción de fluoruro de aluminio.

La fábrica de la «Kaiser-Norsk», que costará unos \$ 2 M., va a construirse en terrenos propios de la Norsk, a unas 25 millas de Oslo, en el fiordo de Oslo. La construcción comenzará este año y se espera que, una vez terminada, tenga una capacidad de 10.000 T. anuales de fluoruro.

Según el convenio, la «Kaiser Chemicals» tendrá el 40 %, de intereses en la Compañía y proporcionará asistencia técnica. La Norsk, con un 60 % de intereses, explotará la instalación y suministrará las 18.000 T. anuales de ácido sulfúrico que se precisan. La Compañía es una de las fábricas más importantes de ácido de su país.

Las otras dos materias primas necesarias, el trihidrato de alúmina y el espatofluor, serán suministrados por Kaiser.

ACUERDO ENTRE FRANCIA Y RUMANIA

La empresa francesa Gaz de France y el Ministerio rumano del Petróleo y la Industria Química han firmado un convenio sobre cooperación científica y técnica. El convenio establece que se procederá a estudiar conjuntamente los problemas de interés común, como son la producción, el transporte, el almacenamiento y la comercialización del gas.

LA URSS EXPLOTARÁ GAS NATURAL

La Unión Soviética comenzará a exportar gas natural en un futuro próximo como consecuencia de la reciente entrega realizada en Vladivostok de un buque-tanque para metano construido en el Japón para la U. R. S. S.

«STOCKS» DE HULLA ESPAÑOLES

En las industrias extractivas, las existencias de hulla en minas han aumentado ligeramente, pasando de 256.383 toneladas a finales de 1963 a 293.588 toneladas registradas en diciembre de 1964. La razón está en la baja de consumo, y a pesar de haberse efectuado importaciones interiores a las previstas y de originarse una reducción en la producción de cerca de 1.300.000 toneladas respecto a 1963, debida a las interrupciones en las explotaciones mineras ocasionadas por los conflictos laborales ocurridos en los meses de abril y mayo.

CESE DE PRODUCCION DE RADIOISOTOPOS EN U. S. A.

La Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos anuncia que cesará en la producción y distribución de seis radioisótopos: antimonio-125, calcio-45, hierro-59, selenio-75, estaño-113 y cinc-65, a partir del 18 de abril. Esta medida está de acuerdo con la política general de la Comisión de no proveer materiales o servicios que estén disponibles en otros medios comerciales.

PERMISOS DE EXPLORACION

Tres permisos de exploración de petróleo, en una zona de 77.442 hectáreas de la provincia de Huelva, han sido concedidos conjuntamente al Instituto Nacional de Industria y a la firma Coparex Española.

La participación de I.N.I. será del 51 por 100 en pesetas, mientras que el resto 49 por 100 correspondiente a Coparex se entregará en servicios, equipos y moneda extranjera.

Coparex ha declarado que su compañía y el I.N.I., que están explorando conjuntamente desde hace dos años en la provincia de Castellón (cuatro concesiones), habían solicitado cuatro concesiones más en las proximidades del delta del Ebro y en Tarragona. Manifestó que Coparex es una firma petrolera francesa que tiene representación en varios países.

POSIBLE CENTRAL NUCLEAR HISPANO-PORTUGUESA

La Compañía Sevillana de Electricidad está en contacto con la empresa Termo Eléctrica Portuguesa, con miras a realizar unos estudios preliminares sobre la conveniencia construir conjuntamente una central de energía nuclear al sur de la frontera hispano-portuguesa.

Un portavoz de Sevillana de Electricidad ha manifestado que las conversaciones se hallan en una fase inicial y que por tanto, no se podía saber nada por el momento. El portavoz explicó que esta firma, enteramente privada, se dedica a la explotación de electricidad en el sur de España.

NACIONALIZACIÓN DEL PETRÓLEO EN SIRIA

Han sido nacionalizadas en Siria las nueve compañías petrolíferas, incluyendo a la Sh Oil, Socony Vacuum y Esso Standard, según ha sido anunciado por un decreto del Consejo de la Presidencia y transmitido por Radio Damasco.

Las compañías se han convertido ahora en propiedad del Estado y los propietarios serán compensados con obligaciones para quince años al 3 por 100 de interés, añadía el decreto. Las otras seis compañías nacionalizadas eran sirias.

El decreto decía que las tres compañías extranjeras distribuirán el 67 por 100 del consumo total de combustible de Siria. Sus ganancias anuales alcanzaban aproximadamente los millones de libras sirias, además de beneficios realizados por la venta de aceites lubricantes importados por ellas desde el extranjero, añadía.

ANGOLA OFRECE MINERAL DE HIERRO

La Yawata Iron and Steel Company anuncia que algunas acerías japonesas han recibido propuestas de Angola para la compra de 15 millones de toneladas de mineral de hierro Lobito, en un periodo de diez años, que se iniciaría en 1967.

COLABORACION ITALO ARGELINA

El ministro de Energía e Industria de Argelia ha declarado que existe en la actualidad una amplia gama de posibilidades de cooperación entre Italia y Argelia. Este país suministraría a Italia gas natural y petróleo, mientras que Argelia podría recibir asistencia técnica industrial.

Se ha previsto un intercambio de delegaciones de hombres de negocios e industriales de Italia y representantes de la industria estatal argelina.

PARTICIPACION FRANCESA DE MAURITANIA

El Bureau de Recherches Géologiques et Minières, ha sido autorizado a participar con 500.000 francos africanos en el capital de la Société du Cuivre de Mauritanie (Socuma), en capital inicial es de 2,5 millones de francos africanos, según un decreto publicado en «Boletín Oficial» francés.

ACUERDO FRANCO-ARGELINO SOBRE PETROLEO

Las negociaciones petrolíferas entre Francia y Argelia anuncian la puesta en marcha de un nuevo estilo que supondrá, cara al futuro, una auténtica revolución. Hasta el presente lo normal era que las negociaciones se celebraran entre Gobiernos y compañías; pero desde ahora cabe la interpretación franco-argelina a nivel gubernamental, con exclusión de compañías, aunque con salvaguarda de sus derechos anteriores.

De fuente francesa se informa que la base del nuevo acuerdo es una especie de «asociación cooperativa» que lleva a la creación, por parte de ambos Estados, de una compañía estatal conjunta para explotar las nuevas concesiones de petróleo o gas natural.

LOS PAISES ARABES DESEAN LA NACIONALIZACION DEL PETROLEO

En el mes de abril se ha reunido en Bagdad un Comité de expertos árabes en petróleo para tratar las bases en que se fundarán las futuras relaciones entre sus Gobiernos y las Compañías de Petróleos. Se estudió también la posibilidad del establecimiento de una Compañía petrolífera árabe, cuya misión sería tratar de explotar los recursos petrolíferos de estos países, y su capital de cien millones de libras esterlinas. En esta reunión también se trató de la creación de un Instituto para la Investigación Petrolífera.

SE INAUGURA UNA PLANTA SUECA DE SUPERFOSFATOS EN TUNICIA

En la ciudad portuaria de Sfax, a unos 400 Kms. al sur de Túnez, se ha inaugurado una nueva planta sueca de producción de superfosfatos. Esta planta ha sido construida por la empresa sueca «AB Forenade Superfosfatfabriker» en virtud de un acuerdo firmado con el Gobierno tunecino en 1960. La financiación estuvo a cargo de la Sociedad Financiera Internacional. La nueva planta empleará 260.000 T. de fosfatos en bruto tunecinos anualmente e importará algunas de las materias primas, tales como azufre americano.

CENTRAL NUCLEAR DE HIDROLA

Hidroeléctrica Española ha presentado ante el Ministerio de Industria un proyecto para construir una central de producción de energía eléctrica de origen nuclear, que sería situada en la costa mediterránea, en la provincia de Castellón, y que tendría una potencia de 300 a 350 megavatios. El lugar de emplazamiento de la nueva central sería Pla de Prebet, y está pensado ponerle término a finales de 1971.

Hidro'la, que colabora, como es sabido, con Unión Eléctrica Cenusa, solicitó en 1961 la construcción de una central de energía nuclear en Sevilla con una potencia de 250 megavatios, y una central similar en las proximidades de Toledo, en el centro de España.

VENTA DE SAL AL JAPON

Doce mil toneladas de sal procedentes de las salinas alicantinas de Torrevieja han sido embarcadas con destino al Japón para ser empleadas en la industria química de aquel país.

El Japón ha sido tradicionalmente un fuerte comprador de sal española y estima que el comercio se vera ahora incrementado, sobre todo si se consigue que algunos cargueros japoneses utilicen la sal como flete de retorno.

UNA CONFERENCIA SOBRE EL HIERRO Y ACERO DEL MOGHREB

Delegados de Argelia, Túnez, Libia y Marruecos han celebrado una conferencia de cuatro días de duración acerca de la coordinación de la producción de hierro y acero en el Moghreb.

Se ha redactado un borrador sobre una posible coordinación en este campo industrial y que habra de presentarse a la conferencia ministerial del Maghreb, que se reunirá en breve plazo en Trípoli.

Se estudiaron también las necesidades industriales de estos países con relación al sector siderúrgico. Se calcula que los cuatro países, que poseen grandes reservas minerales de hierro, pueden llegar a convertirse en grandes productores de hierro y acero.

Como es sabido, Túnez está construyendo un centro siderúrgico en Menzel Burguieb que tendrá una capacidad de producción anual de 70.000 toneladas para 1966.

El complejo industrial argelino de Annaba será capaz de producir 300.000 toneladas anuales a finales del año próximo. Marruecos está construyendo una instalación industrial en Casablanca con una capacidad de 120.000 toneladas para 1967, calculándose que para 1970 la capacidad sera de 250.000 toneladas.

800 MILLONES DE PESETAS PARA PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN SUDAFRICA

Continúa, activamente, el plan del Gobierno en cuanto a las prospecciones petrolífera en el territorio de la República. Para ello, se ha formado una empresa subsidiaria de la Corporación de Desarrollo Industrial que dispondrá de un presupuesto de 800.000.000 de pesetas proveniente del Fondo para el Desarrollo de los Recursos Minerales Estratégicos. Esta comunicación fue hecha recientemente por el ministro de Planeamientos, Sr. J. F. W. Haak, que añadió que era una empresa creada para poner en práctica planes para acelerar e intensificar la prospección de posibles depósitos de petróleo, según dijo el primer ministro hace unos meses.

La nueva compañía procederá a la prospección en determinadas áreas. También dijo, con cederá asistencia técnica y financiera a otras organizaciones que ya posean concesiones para el mismo fin.

La compañía procura así mismo, coordinar y acelerar el trabajo que se está realizando por otros concesionarios y, en colaboración con la División de Administración Geológica, orientará y facilitará toda clase de informaciones.

La Administración Geológica que actuará como consultora de la nueva empresa, obtuvo en estos últimos años, considerable experiencia en este campo, así como valiosas informaciones.

PETROLEO DE NIGERIA

La filial de la Gulf Oil Co., que trabaja en Nigeria, ha efectuado su primer envío de petróleo al exterior. La producción nigeriana asciende a 25.000 barriles diarios.

ACTIVIDADES NUCLEARES EN SUDAFRICA

Africa del Sur que ha confirmado ser uno de los mayores productores de uranio del mundo occidental, ha iniciado actualmente la investigación nuclear en gran escala. El nuevo año ha marcado el comienzo de sus experiencias con el primer reactor instalado en la Republica, el cual lleva el nombre de «Safari 1» y que entrará en actividad el próximo mes de Agosto.

La finalidad de las investigaciones nucleares en Africa del Sur, es la de aprovechar del poder del atomo todas las posibles ventajas de su uso en beneficio del país y de sus habitantes. Como ya se sabe, son innumerables las aplicaciones de la energía atómica en la medicina nuclear, campo en verdad sorprendente que ha de ser explotado rápidamente con grandes posibilidades de éxito en Africa del Sur, ya que gran parte del material nuclear del país no ha sido aun explorado.

ACUERDO ENTRE URUGUAY Y LA BRITISH PETROLEUM

Uruguay ha aceptado una oferta de la British Petroleum Company, por la cual la compañía inglesa se compromete a vender al Uruguay tres millones de metros cúbicos de petróleo crudo, por un coste aproximado de 38 millones de dólares.

Con esta cantidad se cubrirán las necesidades uruguayas durante tres años y existe la opción para adquirir un cuarto de millón de metros cúbicos al fin de los tres años.

El petróleo procederá de los yacimientos que explota la compañía en Kuwait, Bonny (Nigeria) e Iran.

NACIONALIZACION DE EMPRESAS PETROLIFERAS EN SIRIA

Siria acaba de ordenar la nacionalización de nuevas empresas petrolíferas en el país, incluyendo la Shell Oil y la Socony Vacuum y la Esso Standard.

Las compañías han pasado a propiedad del Estado y sus propietarios serán compensados con honos a quince años y un 3 por 100 de interés. Las otras seis Compañías nacionalizadas son sirias.

CANADA VENDERÁ URANIO A FRANCIA BAJO CIERTAS CONDICIONES

El primer ministro canadiense, Mr. Lester Pearson, ha declarado en la Cámara de los Comunes que se están realizando gestiones tendentes a entrar en negociaciones con Francia, a nivel ministerial, sobre la posible venta a ese país europeo de «una gran cantidad de uranio», por valor de 438 millones de dólares. Sin embargo, Pearson repitió una declaración anterior, según la cual serían respetados los compromisos internacionales contraídos por el Canadá respecto a la venta de uranio con fines pacíficos.

CREDITO EXTRAORDINARIO PARA EL SAHARA

En 225 millones ha sido aprobado un crédito extraordinario al presupuesto de la provincia de Sahara, para su inversión en obras calificadas de urgentes. Se destinan cuatro

millones a prospecciones en zonas calizas, 18 millones a investigaciones en el yacimiento de mineral de hierro de la zona nordeste, 27 millones a sondeos para alumbramientos de agua con destinos a regadíos, otros 27 millones para la central eléctrica de Villa Cisneros, y millones para la de Aaiún.

TRANSPORTES DE GAS NATURAL A BARCELONA

Se ha confirmado oficialmente en la Feria de Trípoli, a la que concurre España, que gas natural de Libia será transportado a Barcelona en barcos metaneros, en virtud de operación comercial hispano-italo-libica. La Ente Nazionale Idrocarburi, de Italia, ha cerrado trato con la empresa barcelonesa Catalana de Gas para el suministro a largo plazo trescientos millones de pies cúbicos de gas natural por día, procedente de los yacimientos del reino de Libia. Se espera que las primeras entregas de gas libico en el puerto barcelonés puedan comenzar a fines de 1967.

POSIBLE INSTALACION EN ESPAÑA DE UNA ESTACION NUCLEAR

Cuatro capitales españolas y seis extranjeras cuentan con la posibilidad de que en el se instale una estación nuclear con capacidad diez veces superior al Sicroton que hay en cercanías de Ginebra, según ha declarado el presidente de la Diputación de Moya, señor Aranegui, al regreso de su viaje por Bélgica y Madrid. En el caso de Vitoria —aclaró el alcalde— el lugar de emplazamiento sería entre los Ayuntamientos de Foronda y Mendoza diez kilómetros de la capital alavesa. El centro necesita el concurso de diez mil técnicos medios, que serían seleccionados en la región vasco navarra, después de un curso previo en escuelas técnicas especiales.

MODERNIZACION DE LAS MINAS DE POTASAS DE NAVARRA

Una fábrica de Zaragoza, ha llegado a un acuerdo con Potasas de Navarra, S. A., por la construcción, montaje y puesta a punto en las minas de esta última de un sistema de sostenimiento desplazable tipo «Soutenement Marchant».

La totalidad del pedido tiene que estar entregada en un plazo que no excedera de doce meses y el importe en pesetas del pedido asciende a una cifra de algunas decenas de millon de pesetas. Se trata de un pedido inicial, que representa la quinta parte aproximadamente del que de modo escalonado se propone efectuar Potasas de Navarra.

Sabemos que este importante convenio ha sido establecido en competencia con diversas industrias de Alsacia, Bélgica, Cuenca del Rhur y Norteamérica, con los que Potasas de Navarra ha venido manteniendo contactos sobre este particular.

Posiblemente la fabricación de estos sistemas por la empresa zaragozana puede constituir un factor decisivo para la necesaria modernización del utillaje y de los procedimientos de trabajo en las minas españolas, con una disminución de la mano de obra y del mantenimiento para el entibado, que hasta ahora era indispensable.

INDUSTRIA DE FOSFATOS EN MARRUECOS

Se va a crear una nueva industria en Marruecos, con un capital de 100 millones de dólares para la explotación de una planta química de fosfatos, y con una fuerte participación capital norteamericano.

Se tiene también el propósito de construir una factoría para la fabricación de ácido superfosfórico, cuyo coste se calcula en más de 37 millones de dólares, y que formará parte del nuevo conjunto industrial.

La nueva industria tendrá una participación marroquí del 50 por 100, y explotará el nuevo complejo químico de Safi, al sudoeste de Casablanca, que comenzará la producción de ácidos y fertilizantes a partir del próximo mes de junio.

Se ha firmado un acuerdo en principio entre la Occidental Petroleum Corporation y la Office Cherifien des Phosphates, el organismo estatal marroquí, que el año pasado produjo diez millones de toneladas de mineral. Habrá de decidirse si la nueva fábrica se va a construir en Casablanca o en las minas de fosfato de Kuribga.

CONFERENCIA DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO

En Ginebra se ha celebrado una reunión extraordinaria de la Conferencia de los Países Exportadores de Petróleo (O.P.E.C.), para examinar los continuados descensos de los precios del petróleo bruto y tratar de ponerlos remedio.

MECANIZACION DEL POZO «ELORZA», DE PEÑARROYA

Setecientos treinta hombres componen la plantilla del pozo «Elorza», de Peñarroya, en la cuenca carbonífera de Puertollano, cuya mecanización ha quedado recientemente terminada, con un costo de 100 millones de pesetas. La producción mensual del citado pozo, uno de los más modernos de España por sus instalaciones, es de 17.250 toneladas de carbón y en breve se llegará a una producción de 22.500 toneladas. El rendimiento total por hombre es de 940 kilos de carbón diarios, puestos sobre vagón de transportes exteriores.

EXPORTACIONES DE CARBON A ITALIA

En el puerto de Avilés se han embarcado con destino a Italia 2.250 toneladas de carbón consignadas a una firma de aquel país dedicada a la coquinación. Existen grandes posibilidades de que las ventas de carbón a Italia se intensifiquen en el inmediato futuro, sobre todo en los diversos tipos de antracita, de los que nuestras minas producen cantidades más que suficientes para abastecer el mercado nacional.

FUSION DE LAS TRES COMUNIDADES EUROPEAS

Según indicamos en nuestro número anterior, el Consejo de Ministros del Mercado Común ha firmado el tratado por el que se refunden el Mercado Común, el Euratom y la C.E.C.A. Se espera que este documento entre en vigor a principios de 1966.

POLITICA ENERGETICA DEL MERCADO COMUN

El reciente protocolo de acuerdo sobre política energética de la C. E. C. A. y la creación de un sistema comunitario de ayuda de los Estados miembros de las minas de carbón, constituyen únicamente una etapa en la puesta en marcha de una verdadera política energética

de los «seis», según ha concluido la Comisión de Energía del Parlamento Europeo en el curso de su última reunión, celebrada en Roma.

Consideraron la necesidad de que las medidas adoptadas no queden circunscritas solamente al sector del carbón, sino también englobar todas las restantes formas de energía

EXPORTACION DE DIAMANTES

África del Sur ha aumentado notablemente en los últimos tiempos sus exportaciones de diamantes, que en 1964 alcanzó la cifra record de 266,4 millones de rands, es decir, más de 18,6 millones de francos belgas.

COMERCIO HISPANO-BRITANICO DE MINERAL Y PRODUCTOS SIDERURGICOS.

Según las estadísticas del «Iron and Steel Board» el promedio mensual de las importaciones británicas de mineral de hierro españoles los dos primeros meses del año en curso da una cifra de 45.700 T. (44.100 toneladas en el mismo período del año anterior).

La cifra media correspondiente a las exportaciones británicas de productos siderúrgicos con destino a España es de 10.500 T. (14.600 T. en el mismo período del año anterior).

EL REGIMEN DE ACCION CONCERTADA PARA LA MINERIA ASTURIANA

La Cámara Minera de Asturias ha celebrado una serie de importantes reuniones en las que se ha tratado sobre el régimen de acción concertada, que supone, entre otras cosas, un margen crediticio y ayuda fiscal de unos 8.000 millones de pesetas para la minería del carbón. El objetivo primordial a alcanzar es una producción de 1.100 kilos diarios de carbón por minero, a la par que se estudia la posibilidad de llegar a las 200 pesetas de indemnización por tonelada producida en el ejercicio anterior a las minas no rentables que hayan de ser desguazadas. Actualmente, la producción por hombre es de 65 kilos. Igualmente ha sido tratada la renumeración de los trabajadores y la participación en beneficios.

UN GRUPO HISPANO-BRITANICO TERMINARA LA FABRICA DE CEMENTOS DE ALMATRET

Un grupo financiero hispano-británico terminará la moderna fábrica de cementos de Almatret, según ha anunciado el periódico «Tele-Express». La empresa «Portland del Ebro» se acogió a la Ley de suspensión de pagos para salvaguardar los intereses de todos los acreedores, declara el citado rotativo vespertino.

EL JAPON COMPRA MINERAL DE HIERRO

Siete altos hornos de acero japoneses han firmado contratos formales con el fin de adquirir 16.500.000 toneladas de mineral de hierro, con un contenido de hierro del 64 por 100, en Australia. El contrato tendrá una duración de siete años. Este es el segundo contrato

firmado por la industria japonesa del acero con el fin de adquirir mineral de hierro australiano durante el año actual.

LAS MINAS DE MINERAL DE HIERRO EN FRANCIA

Según noticias de París, el censo laboral de 19.000 obreros de las minas de hierro va a ser reducido a 15.000 en 1970. Ello se logrará especialmente por retiros. Aún cuando la producción francesa total de mineral de hierro del año pasado aumentó a 16,4 millones de toneladas, de 58,5 millones en 1963, se da el caso de una creciente competencia del mineral extranjero que tiene un contenido de hierro del 60 por 100, frente al 30 ó 44 por 100 del mineral francés.

Supuesto que la mano de obra representa el 60 por 100 de los costes del mineral francés, la industria opina que es aquí donde deben realizarse las economías, siempre y cuando se ponga el acento en una más alta productividad.

Los expertos calculan un aumento de productividad anual del 7 por 100 como posible, lo que permitiría una subida de los salarios del 5 por 100.

PRODUCCIONES DE CARBÓN PREVISTAS EN BELGICA Y FRANCIA

La producción belga de carbón se elevará en 1970 a la cifra de 17 millones de toneladas en lugar de los 20 millones previstos anteriormente. La reducción ha de distribuirse a lo largo del período próximo de cinco años, con objeto de evitar derivaciones sociales y económicas de tipo perjudicial.

El Gobierno francés ha aprobado los objetivos para 1970 de la producción de carbón. Oscilan entre los 46,5 y los 49,5 millones de toneladas.

COOPERACION SOBRE ENERGIA NUCLEAR

La Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores ha facilitado la siguiente nota:

«En el Palacio de Santa Cruz tuvo lugar el canje de los instrumentos de ratificación del Acuerdo de Cooperación entre los Gobiernos de España y del Canadá para la utilización pacífica de la energía nuclear, firmado en Ottawa el pasado 8 de septiembre de 1964.

El Acuerdo establece las bases en que ha de apoyarse la mencionada cooperación en materia nuclear entre los dos países, dirigida en particular al aumento de los usos energéticos y de la producción agrícola e industrial, a la ampliación de los conocimientos y de los medios destinados a combatir las enfermedades y en general a la investigación orientada a fines saludables y útiles».

INVESTIGACION

LA INVESTIGACION EN ESTADOS UNIDOS

Solo en 1962, los Estados Unidos gastaron dieciséis mil millones de dólares en investigación científica. Durante ese año, el total de las cantidades dedicadas al mismo concepto en Europa se repartían así: 28 millones de dólares los seis países del Mercado Común, 28 los siete de la Asociación Europea de Libre Comercio, y 60 los dieciocho países que

componían la desaparecida Organización Europea de Desarrollo Económico. La inversión de los Estados Unidos en este terreno es, pues, ciento cuarenta veces mayor que la efectuada por Europa.

De 5.100 millones de dólares que los norteamericanos gastaron en 1953-54 en estas actividades, pasaron a los veinte millones que se han presupuestado para 1964-65.

INCREMENTO DE PERSONAL DE LOS CENTROS DE INVESTIGACION

Por Decreto de la Presidencia del Gobierno, de 11 de febrero, se ha dispuesto que los Organismos de Investigación podrán incrementar hasta un 10 por 100 anual el número de personal investigador de dedicación completa en las distintas categorías. Este aumento podrá hacerse en 1965 dentro de las posibilidades presupuestarias actuales.

Los Presupuestos del Estado, a partir de 1966, consignarán las cantidades precisas para realizar ese aumento durante cuatro años. La propuesta razonada de este aumento, a partir de 1966, deberá ser informada por la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica.

En la exposición de motivos de dicho Decreto, se pone de relieve que la existencia de personal científico dedicado plenamente a la labor investigadora ha sido fecunda en resultados satisfactorios, como lo demuestra la estructura de la investigación en países extranjeros y lo atestigua nuestra experiencia propia de más de 20 años. Por ello los cuadros de trabajo de los Institutos han de irse incrementando con el tiempo, no sólo por el crecimiento natural inherente a la investigación, sino por el que deriva de las exigencias de desarrollo técnico y del papel esencial que el avance científico juega en él.

El amplio sistema de becas nacionales y extranjeras que viene desarrollándose permitiendo una meritoria selección del personal necesario, y tanto la correlación del crecimiento de los Centros de Investigación con el correspondiente volumen de trabajo, como la misma orientación vocacional de los becarios, aconsejan sistematizar el aumento conveniente, dentro de plazos de tiempo que permitan discretas previsiones.

AUMENTO PRESUPUESTARIO PARA EL FONDO DE INVESTIGACIONES DE LA EURATOM

El Consejo Ministerial del Mercado Común ha acordado aumentar en 5.580.000 dólares (334.800.000 pesetas) el fondo para investigaciones de la EURATOM (Comunidad Europea de la Energía Atómica).

De conformidad con ese acuerdo, el presupuesto para investigaciones para el período 1963-67 se eleva a un total de 455.000.000 de dólares (27.300.000.000 de pesetas). Con ello se termina el punto muerto en que se encontraban las negociaciones, producido por discrepancia entre los países miembros respecto del destino que iba a darse a los fondos y cómo iba a dividirse entre las distintas actividades a investigar.

CRIADEROS

YACIMIENTOS DE URANIO EN ESTADOS UNIDOS

Dos especialistas en geología del Geological Survey han informado que en el cinturón minero situado al noroeste de Denver, en la zona de Colorado, continuara siendo en el futuro una zona de importantes recursos de uranio.

En fuentes oficiales se informa que la producción de este mineral en la década de 1950 a 1960 fue de 107.200 toneladas de mineral bruto, que contengan 1.513.300 libras de concentrado de uranio. El valor de esta producción fue de 6.300.000 dólares como mínimo.

YACIMIENTOS DE MINERALES RADIATIVOS EN ANGOLA

En el sur de Angola se han descubierto yacimientos radiactivos, en el distrito de Huila. Los primeros análisis indican que la cantidad de mineral obtenido es bastante apreciable. Con este fin se ha constituido una nueva compañía, la Companhia Mineira de Huila, con un capital de diez millones de escudos, con el propósito de explotar los nuevos yacimientos.

NUEVO CAMPO PETROLIFERO EN BRASIL

Los trabajos de prospección desarrollados en el Estado de Sergipe, en Brasil, se han visto premiados por el éxito, al confirmarse la existencia de un valioso campo petrolífero, que según se afirma, proporcionara en su etapa inicial unos 30.000 barriles de petróleo diarios, aproximadamente un 10 por 100 del consumo actual.

PETROLEO EN AFRICA

Según un despacho de Ap-Efe, fechado en Moscú, un geólogo soviético calcula que en Africa existen reservas potenciales de miles de millones de toneladas de petróleo y de gas natural.

El profesor Abdulhalat Bakirou ha hecho estas declaraciones refutando otro cálculo estimativo aparecido en los Estados Unidos.

DESCUBRIMIENTO DE PETROLEO EN FRANCIA

La Société Esso de Recherches y d'Exploitation Petrolifères (Esso-Rep) ha obtenido petróleo en Las Landas a una profundidad de 2.030 metros. Hasta ahora se han obtenido 210 metros cúbicos de petróleo de «buena calidad», según informa la compañía. El hallazgo se califica de «alentador». El petróleo se ha encontrado en Cabeil, a 12 kilómetros al sudoeste de Parentis.

SONDEOS PETROLIFEROS EN MURCIA

A principios del pasado mes de mayo se iniciaron en el paraje «El Pozico», en las estribaciones de Sierra Larga, del término de Jumilla (Murcia), sondeos en busca de petróleo. La torre, de 40 metros, se terminó de montar a finales de abril.

GAS NATURAL EN HOLANDA

La compañía petrolera N. A. M. (filial conjunta de la Shell y Esso) anuncia haber hallado gas natural en Frise. Se trata de la tercera perforación experimental coronada por el éxito en esa provincia, septentrional holandesa, lindante con la provincia de Groninge, en la

que ha sido descubierto ya el importantísimo yacimiento de Slochteren (valorado en más de un billón de metros cúbicos).

RESERVA DE PETROLEO EN EL MAR DEL NORTE

Se trata de una bolsa de gas o petróleo de 100.000 millas cuadradas de extensión, de la que se espera obtener gas para abastecer a toda Europa occidental.

El principal punto de las investigaciones se encuentra a 140 millas al este de la ciudad de Sundland (Inglaterra), en el Mar del Norte.

Si se consigue extraer petróleo o gas en la extensión prevista, Inglaterra, se haría autónoma en el abastecimiento de estos combustibles, y tal vez, habrá gas o petróleo para el abastecimiento de Europa entera.

IMPORTANTE DESCUBRIMIENTO DE SALES POTASICAS

Técnicos de la empresa «Petrobras», al realizar prospecciones en la zona petrolífera de Japarutuba, en el Estado de Sergipe, han descubierto un importante depósito de sales potásicas, esperándose que en breve la citada empresa emita una declaración sobre el mismo. Los informes recogidos en la prensa diaria indican que las exploraciones realizadas señalan la existencia en este área de bastante potasio como para abastecer a Brasil durante cuatrocientos años en base al nivel actual de consumo.

URANIO EN AVILA

Sobre un monte de pedregales, a poco más de un kilómetro del pueblito abulense de Barajas, anejo de Navarredonda de la Sierra, un equipo de técnicos de la Junta de Energía Nuclear realiza actualmente trabajos para la localización de una mina de uranio, cuya existencia, según se ha informado, fue descubierta en el año 1958, aunque hasta ahora no se habían llevado a cabo investigaciones a fondo.

INVESTIGACIONES EN TUNEZ SOBRE MERCURIO

La autoridad de Minería Nacional de Túnez continúa sus investigaciones acerca de la viabilidad de explotar el depósito de mercurio de Arja.

Aunque no se ha llegado a una decisión respecto al asunto, si este fuera favorable, se construiría una planta extractora dentro del plan cuatrienal, comenzando en julio del presente año.

En la actualidad hay en funcionamiento un horno con capacidad mensual para 500 kilos.

Esta posibilidad abarca también la producción de cinc y plomo, pero estos serían considerados como productos secundarios.

LA ACTIVIDAD DE «PETROFINA» EN ESPAÑA

Dentro del programa de actividades de la «Petrofina», en España se han continuado los trabajos de geología y geofísica, tanto en base a los primeros obtenidos en la zona del norte del país, como sobre los quince permisos últimamente obtenidos en la parte sur del país.

SONDEOS EN LA PLATAFORMA SUBMARINA DE CASTELLON

La Compañía petrolífera Shell España N. V. ha solicitado del Estado realizar sondeos en la plataforma submarina frente al litoral de la provincia de Castellón.

La extensión de las concesiones solicitadas asciende a 248.003 hectáreas.

BROTA GAS EN LAS PERFORACIONES PETROLIFERAS DE RIDAURA (GERONA)

Ha brotado gas en las perforaciones petrolíferas que se están realizando en el pueblo de Ridaura. En dicho pozo trabajan 30 obreros en tres turnos de 8 horas, habiéndose pasado los 1.919 metros de profundidad. La salida de este gas ha sido calificada como de buen síntoma por parte de los técnicos que intervienen en las referidas obras.

DESCUBRIMIENTO DE SAL GEMA EN SIRIA

El periódico «Al Baas» anuncia que al oeste y sudoeste de Palmyre se han descubierto otras minas de fosfatos con un volumen explotable de 16 m. de T. Asimismo las prospecciones en la región de Palmyre han permitido descubrir un importante yacimiento de sal gema que ha sido estimado en 900.000 T.

RESERVAS DE AGUA DEL MOGHREB

A mediados del pasado mes de marzo tuvo lugar una reunión de representantes de Libia, Túnez y Argelia, en el Instituto de Investigaciones Birmandreís de este último país, en la que decidieron estudiar un plan conjunto de trabajo que permita determinar las reservas de agua en los países del Moghreb.

La Unesco ha mostrado un gran interés por estos estudios y probablemente colaborará en su financiación.

CHILE BUSCA MINERAL DE HIERRO

Trabajando en colaboración con la Atlas Copco Chilena S.A.C., la Craelius Co., que forma parte del grupo internacional de Atlas Copco, ha recibido un contrato para llevar a cabo perforaciones exploratorias en un importante yacimiento de mineral férreo. Los trabajos en este proyecto fueron iniciados en 1963, cuando un primer contrato especificó 10.000 metros de perforaciones con extracción de testigos quedando terminados en 15 meses, a despecho de condiciones difíciles en el terreno. El tiempo calculado había sido de 18 meses.

La prospección se realiza en el Desierto de Atacama, a 760 kilómetros al norte de Santiago de Chile, y por cuenta de la Corporación Fomento de la Producción (CORFO).

El yacimiento fue localizado en una serie de reconocimientos aéreos hechos con un fondo especial de las Naciones Unidas.

El nuevo contrato especifica unos 9.000 metros de perforación, lo cual se estima exigirá un año. Los equipos de perforación constan de unos 65 hombres.

OLEODUCTO SUBMARINO

La búsqueda del petróleo está invadiendo los fondos marinos. Una importante empresa petrolera completa hace poco un oleoducto de gran diámetro a una profundidad hasta de 52 metros. La tubería se extiende más de 56 kilómetros en el Golfo de Méjico. Se cree que ambas cifras marcan un récord.

EXPLOTACION DE LOS YACIMIENTOS DE GAS NATURAL EN ARGELIA

El gas natural de los yacimientos de Hassi R'Mel en Argelia, con los de Groninga (Holanda) y Panhandle Hugoton (E.E.U.U.), constituyen las mayores reservas de gas natural conocidas en la actualidad.

El gas de Hassi R'Mel, es conducido a través de un gasoducto hasta Arzew, donde se licúa en una gran instalación puesta en servicio hace pocos meses por la «Compagnie Algérienne du Méthane Liquide» (CAMEL). El transporte del gas líquido desde Arzew hasta Europa se realizará por medio de buques metaneros, mientras no se efectúe el tendido de un gasoducto submarino.

Gran Bretaña, de acuerdo con el contrato firmado por el «Gas Council» con la empresa «CAMEL», absorberá durante 15 años 1.000 mill. m³/año, cantidad que representa un 10 por 100 aproximadamente del consumo total del país.

Francia, a través de la empresa estatal «Gaz de France», que firmó un contrato de adquisición de gas natural del yacimiento de Hassi R'Mel, consumirá 450 mill. m³/año.

La «Compagnie Algérienne du Méthane Liquide» (CAMEL) constituye un consorcio internacional formado por la sociedad angloamericana «Conch International Methane Ltd.», la «Caisse Algérienne de Développement» y la empresa francesa «S. N. Repal». Con participaciones del 40 por 100, 20 por 100 y 12 por 100 respectivamente, también forman parte del consorcio, con intereses menores (8,8 por 100 y 8 por 100), «Compagnie Française des Pétroles» y el «Bureau de Recherches de Pétrole» de Francia, y, la firma «Méthane Liquide» y el consorcio «Cofidal-Socaldex SDRS» poseen intereses similares cifrados en un 5,6 por 100.

La «Compagnie Algérienne du Méthane Liquide» tiene un capital de 62,5 mill. frs., y el valor global de sus inversiones se estima en 89 millones de dólares.

La financiación de las instalaciones de transporte y licuefacción de gas, y la del oleoducto de Hassi Messaoud-Arzew, fue facilitada por los créditos concedidos a la «CAMEL» por el Banco Mundial (20,5 mill. \$) y la «Caisse d'Équipement pour le Développement de l'Algérie» (40 mill. frs.).

EXPLOTACION FUTURA DE YACIMIENTOS MINERALES SUBMARINOS

En E.E. UU. suscita interés el desarrollo de nuevas técnicas para facilitar los trabajos de prospección y la subsiguiente explotación de los yacimientos minerales submarinos. En la plataforma continental de la costa occidental del país existen abundantes yacimientos de fosforita, hierro, titanio y metales preciosos. En zonas más profundas (talud continental y fondos abisales) se encuentran también, en forma de nódulos, cuyo diámetro oscila entre unos milímetros y varios metros, minerales de cobre, cobalto, manganeso, níquel, hierro y plomo.

Son objeto de los trabajos de numerosas firmas norteamericanas el perfeccionamiento de

distintos sistemas de extracción de minerales y de cámaras sumergibles, que permitan la realización de las tareas de prospección en el fondo del mar. Entre ellas se encuentra la empresa «Ocean Systems», formada recientemente y que ha fabricado una cámara sumergible dividida en dos compartimentos en los que es posible crear una atmósfera artificial compuesta por oxígeno y helio, cuyas proporciones varían automáticamente de acuerdo con la profundidad alcanzada. Esta cámara puede dar cabida a dos técnicos. Cuando uno de ellos sale al exterior para llevar a cabo las exploraciones y las tomas oportunas de muestras, el que queda en el interior de aquella, cuidando de la seguridad del primero y observando la marcha de sus trabajos gracias a los proyectores de luz orientables con que está provista la cámara, permanece en contacto telefónico con el barco nodriza.

El límite máximo de profundidad en el que la cámara de «Ocean Systems» trabaja en condiciones normales de rendimiento es de 180 m., aunque su estructura soporta perfectamente la presión ejercida sobre ella por el agua a 600 m. de profundidad. Su elevación a la superficie desde los 180 m. se efectúa en cinco minutos, y si bien los técnicos que hayan permanecido fuera de la cámara en profundidades superiores a 120 m., durante 10 minutos, por ejemplo, han de someterse a un tratamiento de descompresión de dos horas en la misma cámara submarina o en otra dispuesta al efecto en el barco nodriza.

La empresa «Newport News Shipbuilding and Dry Docks» ensaya, por su parte, un equipo de extracción de minerales submarinos constituido en esencia por un dispositivo «vacuoaspirador» teledirigido.

La compañía «Reynolds International» ha construido una cápsula («Aluminant») para exploraciones submarinas, y la «General Electric» se ocupa en desarrollar los mecanismos de extracción —palas o garfios— de que aquella será dotada, mediante los cuales podrá arrancar el mineral y depositarlo en los cangilones de un sistema de elevación continua hasta la superficie. Esta empresa construye también un vehículo submarino autopropulsado, el «Pedipulator» provisto de 18 «patas» de 5,5 m. de longitud y concebido para el arranque del mineral en fondos submarinos accidentados.

La firma «Westinghouse» fabrica, bajo licencia francesa, el vehículo de reconocimiento submarino, diseñado por el capitán Yves Cousteau, «Diving Sauce», capaz de transportar dos tripulantes y tomar fotografías a 300 m. de profundidad. Dicha firma procede también en la actualidad, en colaboración con la «Office Français de Recherches Sous-Marines» y el capitán Cousteau, a montar un vehículo inspirado en el «Diving Sauce» y denominado «Deep-Star 4.000», que tripulado por tres hombres podrá realizar reconocimientos submarinos a 6.000 m. de profundidad.

EL TRASLADO DEL PETRÓLEO DE AYOLUENGO

Con el fin de disponer del transporte en serie del petróleo de La Lora a los depósitos que tiene en Santurce, la Campsa ha adquirido 17 camiones, cada uno de los cuales dispone de tres ejes, sobre cuyos ejes se están montando las respectivas cisternas, que tendrán una capacidad cada una de 15.000 litros. En junio o julio se iniciará regularmente el transporte del crudo cuando comience la explotación industrial de los primeros pozos de Ayoluengo.

Existe el propósito de hacer bajar el petróleo por tubería desde el páramo a la carretera general Burgos Santander, a la altura del pueblecito de San Felices del Ruedón, y desde este último lugar los camiones-cisternas recogerán el petróleo y lo trasladarán al puerto bilbaíno, desde donde posiblemente será enviado por mar a la refinería de La Coruña.

SONDEOS PETROLIFEROS EN ALBACETE

Se han iniciado sondeos petrolíferos en la comarca de la Sierra, en los términos de Letur y Socovos.

Se ha trasladado a dichos lugares la más moderna maquinaria, y más de 30 técnicos y numerosos obreros trabajan en esos sondeos. En los parajes de La Melera, Hoya Hermosa y Loma de la Pelocha, del término de Letur, ha brotado agua a muy pocos metros, lo que ha causado la natural alegría entre los agricultores por la mejora que supone para sus explotaciones agrícolas.

NOVEDADES CIENTÍFICAS E INDUSTRIALES

NUEVA PERFORACION DE ROCAS

Para trabajos en canteras, demolición, perforaciones secundarias, etc., se ha creado en Gran Bretaña una perforadora de rocas que puede perforar granito a razón 10,4 de cm. por minuto, que consume en este tiempo 2,2 m³ de aire y funciona a un ritmo de 2.375 vibraciones por minuto.

DENSA CAPA DE POLVO SOBRE LA LUNA

Las fotografías tomadas por el «Ranger 8» antes de estrellarse contra la Luna nos la muestran cubierta por lo que parece ser una densa capa de polvo. Aunque los expertos no están todos completamente de acuerdo en la interpretación de las fotos, se da por problemático que el hombre pueda pisar la superficie lunar si resulta cierto que toda ella es sino un océano de polvo incapaz de sostener el peso del cuerpo humano.

RECUPERACION DE PRODUCTOS DE ESCISION

Ha sido creada la sociedad «Gesellschaft zur Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen GmbH», en la que tiene una participación del 50 por 100 la empresa «Farbwerke Höchst» y del 25 por 100 cada una de las firmas «Gelsenkirchener Bergwerks AG» y «Nukem-Nuklear Chemie und Metallurgie GmbH». La nueva firma dispondrá de una instalación en la que se tratarán por métodos químicos los combustibles nucleares después de su utilización en los reactores, con el fin de extraer los productos útiles de escisión, lo que hasta ahora no se ha realizado en la República Federal Alemana.

AMONIACO DE LA NAFTA

Estimulada por la necesidad de hallar una fuente económica para la obtención de amoníaco e hidrocarburos, Imperial Chemical Industries (I.C.I.) ha desarrollado un nuevo proceso a alta presión para la preparación de la nafta.

Como material de carga para este proceso puede emplearse cualquier nafta de destilación directa con un punto de ebullición hasta de 220° C. No existen limitaciones en cuanto al contenido en azufre o compuestos aromáticos.

El reformador de nafta tiene un diseño que se parece al conocido reformador tubular de vapor-metano, pero corriente arriba se han instalado etapas adicionales para la remoción de azufre (generalmente en su fase líquida), vaporización de la nafta y una limpieza final de esta última a fin de reducir el contenido de azufre a su límite establecido. El calor puede ser recuperado tanto de los gases de combustión como de las corrientes de elaboración de productos gaseosos, generalmente en forma de vapor empleado en el proceso. En los actuales reformadores se usa una relación de tres moléculas de vapor por una de carbono, con un margen de seguridad considerable. Las plantas piloto de la I.C.I. trabajan a un régimen mucho más próximo al teórico de 1.8 a 1. Para la síntesis del amoníaco se han añadido al proceso básico de reformación unas etapas de reformación secundaria y de conversión. Para el gas rico en hidrógeno solo se usa la conversión de fase. Para el metanol, el proceso básico resulta satisfactorio y sólo se requiere reciclar una pequeña cantidad de CO_2 para lograr el equilibrio correcto del carbono. El gas industrial se produce según el proceso básico y enriquece después con el agregado de hidrocarburos. Cree la empresa que dentro de dos años, el 40 por 100 del gas industrial de la Gran Bretaña será producido por el proceso I.C.I.

CLORO RECUPERADO POR CATALIZADOR

La reducción directa del ácido clorhídrico con aire, con el objeto de recuperar el cloro, es ahora un proceso práctico gracias al desarrollo de un catalizador formado por una mezcla de cloruros de cobre y de otros metales. En comparación con el anterior método de la oxidación, el nuevo proceso Shell, modificado por Deacon, reduce las temperaturas en que se produce la oxidación del ácido clorhídrico y aumenta el ritmo de conversión.

El desarrollo de un catalizador de cloruro metálico ha hecho posible usar temperaturas de 350 a 400 grados C, lo que asegura un alto rendimiento en cloro. Se obtienen conversiones de 74 a 78 por 100 por pasada, y el producto final tiene una pureza superior a 99 por 100. Al terminar el proceso, el gas es una mezcla de cloro, nitrógeno y oxígeno. Este se seca con ácido sulfúrico, recuperándose el cloro en forma de monocloruro de azufre. También es posible usar la mezcla gaseosa seca directamente como materia prima, como por ejemplo en la cloración del etileno, para producir dicloruro de etileno.

Actualmente, la Shell está construyendo una planta donde será recuperado el cloro contenido en el ácido clorhídrico producido por la planta de cloruro vinílico en Pernis, representando varios miles de toneladas de cloro anuales. Los centros de investigación de la Shell están ahora estudiando la posibilidad de emplear oxígeno en vez de aire durante la etapa de oxidación del ácido.

CLORO POR NUEVO PROCESO

Mediante un proceso de descomposición electrolítica, la firma alemana Farbwerke Hoechst en Francfort del Maine produce cien toneladas de cloro en su planta piloto recientemente completada. Una ventaja del nuevo proceso consiste en que la corriente de carga de ClH puede contener diversas impurezas.

Produce cloro e hidrógeno a partir del ácido sulfúrico obtenido como subproducto en la cloración de hidrocarburos. El ácido que no se descompone durante la primera pasada se hace recircular. El cloro se entra en una torre de contacto directo y después se purifica en dos etapas mediante ácido sulfúrico concentrado. El producto resultante tiene una pureza de 99,8 por 100. El hidrógeno se entra y lava después en sosa cáustica para neutralizar todo residuo de ácido clorhídrico.

La inversión se calcula entre 2.200.000 y 2.550.000 dólares para una planta con una capacidad anual de 60.000 toneladas.

RUTILO DE AUSTRALIA

Los embarques de mineral de rutilo desde Australia están llegando a la nueva planta de pigmento de dióxido de titanio en Hamilton, Miss.

La materia prima fue adquirida de la Associated Minerals Consolidated, Ltd., importante productor australiano de mineral de rutilo, bajo un contrato de diez años cerrado con la American Potash. La firma australiana está asociada con el Consolidated Gold Fields Group de Londres, que se dedica a operaciones minerales e industriales en Australia, África, América del Norte y el Reino Unido.

La fábrica usará el proceso del cloruro desarrollado por la American Potash & Chemical Corp. y Laporte Industries, Ltd. de Inglaterra.

INDUSTRIA QUIMICA EN EL REINO UNIDO

La producción de la industria química en la Gran Bretaña registró un aumento de 11 por 100 en 1964, mientras el incremento de la economía en general llegó al 4 por 100. Las sustancias químicas orgánicas aumentaron en 9 por 100, mientras la producción de resinas y plásticos sintéticos tuvo un incremento de 10 por 100. El mayor avance parece haber sido en el uso de plásticos, que aumentó en 14 por 100 respecto a 1963. También se observaron aumentos en sustancias químicas inorgánicas, gases industriales, productos farmacéuticos y detergentes sintéticos.

CAPA RESISTENTE A LA CORROSION Y ABRASION

Mediante la adición de un mineral de hierro micáceo a un nuevo compuesto para su aplicación en forma de capa precintadora, se ha logrado, según manifiesta una firma extranjera, un producto de alta resistencia a la abrasión y a los efectos de la inmersión en agua salobre y dulce, alcalina y en hidrocarburos alifáticos. El nuevo compuesto tiene relativamente pocos solventes, y el alto contenido de sólidos permite la aplicación de capas gruesas—de 0,127 a 0,154 mm por película—sin encogimiento ni porosidad. Puede aplicarse por medio de pistola pulverizadora, de rodillo o pincel. Se seca totalmente en unas ocho horas, presentando un acabado reluciente, color chocolate. Es adecuado para temperaturas constantes hasta de 100° C. El nuevo compuesto puede usarse para formar capas anticorrosivas en los casos de barcos de todas clases, compuertas, boyas, instalaciones portuarias, estructuras de plantas químicas, etc.

COHETES DE SONDEO LANZADOS DESDE AUSTRALIA

Tres cohetes de sondeo han sido lanzados desde la costa occidental de Australia para comprobar la teoría de la existencia de la atmósfera de movimientos producidos por las mareas.

Allen Fairhall, ministro australiano de Industria, ha declarado que los cohetes—del tipo de dos fases—, que fueron lanzados desde Quobba, habían expulsado una serie de esferoides al llegar a una altura de 130 kilómetros.

Las esteras fueron seguidas en su caída y proporcionarán información que pueda ser útil para la predicción meteorológica y los proyectos de investigación del espacio exterior, al mismo tiempo que, indudablemente, aumentarán el conocimiento de las relaciones entre el Sol y la Tierra.

POTABILIZACION DEL AGUA DEL MAR

En el Instituto de Acimatación de Almería se trabaja con rapidez para preparar una ponencia sobre potabilización del agua del mar, que será discutida en el Consejo Interprovincial Sindical del Sudeste de España, que abarca las provincias de Albacete, Alicante, Almería y Murcia. Tienen gran importancia estos estudios para esta región, en la que las disponibilidades hidráulicas son escasas y las lluvias muy reducidas.

CENTRAL TERMICA EN CORDOBA

La empresa mixta ENECO (Instituto Nacional de Industria y Compañía Sevillana de Electricidad) realiza cerca de Córdoba la primera central térmica de construcción nacional en su mayor parte, constituida por dos grupos turbo-alternadores con una potencia total de 80.000 kilovatios.

Astilleros de Cádiz, filial del INI, ha realizado en su factoría, con licencia de su asociada Combustión Engineerm Lc., parte del proyecto correspondiente a las estructuras de soporte, calderas, conductos de humos y otra serie de elementos cuyo montaje se está llevando a cabo.

ESTUDIOS SOBRE UN ICEBERG

El rompehielos norteamericano «Edisto» ha recogido a bordo a 21 científicos americanos que han pasado más de un año sobre un iceberg en aguas del Ártico entre Groenlandia e Islandia. El iceberg que durante todo ese tiempo sirvió de suelo a los investigadores está ahora comenzando a desintegrarse.

En el «Arlis II» —este es el nombre del iceberg— fue emplazada una estación de investigaciones polares en 1961. En el período transcurrido desde entonces el «Arlis II» ha ido flotando a la deriva desde Alaska a través del mar polar, siguiendo la costa de Groenlandia con rumbo sur. Ahora se dirige hacia el Atlántico, donde se fundirá y desaparecerá. Una de las tareas más importantes que ha tenido a su cargo el equipo de investigadores instalados sobre el gigantesco bloque de hielo, ha sido el estudio de las corrientes y de las aguas polares, así como la climatología y fenómenos atmosféricos de la zona.

LICUEFACCION DE GAS NATURAL

Ha sido inaugurada oficialmente en Arzew (Argelia) la primera instalación del mundo para licuefacción de gas natural a escala comercial.

De momento esta instalación podrá licuar 4,2 mills. de m³ diarios de gas natural; dos terceras partes destinadas a ser consumidas en el Reino Unido, y el tercio restante en Francia. El coste total de esta instalación se eleva a cerca de los 5.192 mills. de pesetas.

La conducción del gas desde sus yacimientos de Hassi R'Mel, en el Sahara, hasta Arzew

se realizará a través de un gasoducto de 416 km., utilizando únicamente para el transporte su presión ordinaria al ser extraído.

El almacenamiento del gas licuado, cuyo volumen es un seiscientosavo del que tiene en estado gaseoso, supone un ahorro del 30 al 40 por 100, en relación al coste del sistema tradicional de almacenaje subterráneo.

INCREMENTO DE PRODUCCION

La OCDE ha creado una Comisión de Investigación Científica para el fomento de los estudios sobre incremento de la producción, así como de investigaciones y encuestas con este fin. Actualmente se desarrollan en el seno de la OCDE 60 proyectos científicos conjuntos, en los que participan más de 1.000 investigadores distribuidos entre 300 laboratorios y centros de investigación.

COMPARACION DE LAS TECNICAS SISMICAS DE REFLEXION Y REFRACCION

La Mancomunidad Alemana para la Investigación patrocina un proyecto de investigación, para comprobar si los resultados logrados con los métodos sísmicos por reflexión coinciden con los obtenidos por refracción en cuanto al estudio geológico de las superficies de contacto entre estratos profundos. En el proyecto toman parte ocho Institutos geofísicos universitarios, con los que colaboran investigadores al servicio de la industria privada. En caso de demostrarse que el procedimiento sísmico por reflexión es eficaz para averiguar la naturaleza geológica de las capas situadas a grandes profundidades, las experiencias orientadas a conocer la constitución de la corteza terrestre resultarían en el futuro más rápidas y exactas y menos costosas.

LABOREO TELEDIRIGIDO DE MINAS

La Junta Nacional del Carbón («National Coal Board») de Gran Bretaña, ha autorizado exportación de dispositivos electrónicos e hidráulicos para el laboreo teledirigido de minas, producidos por la empresa «Gullick and Associated Electrical Industries». La primera de estas instalaciones que será utilizada en Europa continental comenzará a funcionar en la mina de hulla de Friedrich Heinrich, en la República Federal Alemana, a fines de marzo próximo. En los dos años venideros se montarán en Gran Bretaña dieciocho de estas instalaciones con un coste de 10 a 12 mill. libras (1.680 a 2.016 mill. ptas.), y, en un plazo de diez años, se intentará que todas las minas británicas de carbón sean explotadas con arreglo a este sistema. La Comunidad Europea del Carbón y el Acero se ha interesado mucho por estos aparatos.

NAVIO OCEANOGRAFICO

Recientemente se ha botado en los astilleros de El Havre el navio oceanográfico «Jean Charcot», cuyo equipo científico está compuesto por siete laboratorios (de biología, hidrología, química, geología, biofísica y dos de oceanografía) y cuatro servicios dedicados respectivamente a la realización de trabajos fotográficos, sondeos, diseños y reparaciones electrónicas.

Está provisto de una instalación de radar, un sistema «Loran» de radionavegación y dos sondas ultrasónicas cuyo poder máximo de detección alcanza los 8.000 metros de profundidad.

EXPLOTACION VENTAJOSA DE MINERALES DE BAJA CALIDAD

Una firma del Reino Unido ha introducido un nuevo sistema de análisis automático, para instalaciones de tratamiento de minerales, que permite explotar ventajosamente los minerales de baja calidad. Este sistema ha sido encargado para una nueva instalación de flotación de cobre, en las minas de cobre de Palabora en el Transvaal. Se afirma que este sistema de análisis será el primero de su tipo a instalarse, en cualquier parte del mundo, en una instalación de tratamiento de minerales. Como parte fundamental del sistema, se utiliza un espectrómetro fluorescente de rayos X, de canales múltiples fijos, y el equipo va dotado de organos computadores numéricos para la reproducción directa de los resultados. El sistema es capaz de analizar el contenido de cobre de seis corrientes continuas de flotación de ensayo, y el contenido de hierro y cobre de seis corrientes continuas de flotación de colas (conteniendo elementos indicadores). Está preparado también para el análisis del contenido de titanio de tres corrientes adicionales de flotación, en una posterior etapa del proyecto. El análisis exacto y continuo del contenido mineral de los materiales introducidos en la instalación de flotación permitirá regular el proceso de modo que se obtenga el mayor rendimiento de cobre, hierro y titanio.

NUEVO PLOMO, MAS FUERTE

Una firma del Reino Unido está produciendo plomo en un nuevo estado físico, y con propiedades mecánicas que no tiene el plomo corriente. Este nuevo plomo tiene fortaleza, estabilidad a la temperatura y resistencia a la termofluencia y a la fatiga, en mayor grado que el plomo normal. Sus propiedades químicas no resultan alteradas y, por consiguiente, conserva su excelente resistencia a la corrosión, con un contenido de óxido del 1 por 100, a 80° C. y fajo una carga de 105.46 Kg cm², en el espacio de 100 días el nuevo plomo dio una extensión de solo 1/2 por 100.

EQUIPO METEOROLÓGICO DE GRANDE ALCANCE

Una empresa británica ha creado un equipo meteorológico de radar denominado «Rainbow», destinado a proporcionar información segura y precisa de nubes que, a una altitud de 320 kilómetros, producen tormentas y lluvias. El equipo es de una gran potencia y largo alcance; es también fácil de instalar y cuesta relativamente poco. Funciona en la banda de 3 centímetros, y empleando una antena de plato, puede seguir con exactitud la trayectoria de los huracanes, tifones y condiciones del mal tiempo en general dentro de una zona de 325.000 kilómetros cuadrados. Es adecuado para los aeropuertos, donde puede proporcionar datos meteorológicos de última hora al centro de control de tráfico, y dada su sencillez es también particularmente apropiado para la exploración meteorológica en extensas zonas donde se puedan necesitar varios equipos.

Notas bibliográficas

CRISTALOGRAFIA

J. L. AMOROS y P. TAVIRA: *Estudio topográfico de las imperfecciones de un cristal. Difracción de rayos X; método del haz paralelo.* «Revista de Ciencia Aplicada», núm. año XVIII, fasc. 3, mayo-junio, 1964.

Se discute el fundamento teórico del haz paralelo. Según la teoría dinámica, la intensidad del rayo refractado es proporcional al factor de estructura, mientras que, según teoría geométrica, es proporcional al cuadrado de dicho factor. La teoría dinámica es adecuada para un cristal perfecto, en tanto que la teoría geométrica lo es para el llamado cristal mosaico. Cuando la amplitud de la onda es grande para un plano dado del cristal la diferencia entre ambos valores de la intensidad es considerable y puede ser utilizada para el estudio topográfico de las imperfecciones del cristal. Los autores han construido una cámara basada en las ideas de Barth. Esta cámara permite la observación topográfica de la perfección de un cristal sometido a un esfuerzo térmico, lo que aumenta la potencialidad del método.—L.

GEOELECTRICIDAD

Boletín de Sismología de Sismos próximos. Núm. 5, sep., a dic., 1964.

Ha aparecido el 5.º número del Boletín de Sismología correspondiente a los meses septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1964. En este Boletín se dan 99 sismos localizados y 182 no localizados, lo que hace un total de registrados de 281 sismos. En mismo se destaca que además de las estaciones españolas de Alicante, Almería, Logroño, Málaga y Toledo, se ha contado con las de Portugal y Marruecos, y se ha prescindido la Moca en Guinea y Tenerife en Canarias.—L. DE A.

LUIS DE MIGUEL: *Perturbaciones producidas en corrientes telúricas por líneas de FF. C. electrificadas.* «Revista de Geofísica», núm. 89 y 90, Enero-junio 1964.

La electrificación del ferrocarril Madrid-Andalucía, próximo al Observatorio Geofísico de Toledo, está produciendo en su instalación de corrientes telúricas unas perturbaciones que han reducido notablemente el aprovechamiento de sus registros. Afecta fundamentalmente a las variaciones de tipo medio, tales como las hababías, y a los índices trihorarios de perturbación, pero no han sido afectadas las variaciones más rápidas como son las de tipo p. c. En la variación media diaria, también se ha observado una mayor irregularidad y cambio en la dirección dominante. Hace el autor un análisis de las características de perturbación parásita y se propone una serie de estudios para un mejor conocimiento de sus efectos y posible evitación.—L.

J. M. MUNUERA: *Memorias del Instituto Geográfico y Catastral*, «Mapa Sísmico español de intensidad probable», tomo XXXIV, cuaderno II, Madrid, 1965.

Este mapa, que esperamos sea de gran utilidad para cuantos se dedican a la construcción y a los estudios de interpretación de fenómenos geofísicos, se ha hecho a base de reducción de la Península en cuadrículas de 1.000 kilómetros cuadrados, teniéndose que dibujar las curvas por grados enteros de intensidad, siendo el mapa de reproducción a escala 1: 2.000.000, que es el internacional en uso.

Clasifica el autor la España peninsular en tres zonas sísmicas, la primera de grado VII la denomina de sísmicidad «ligera»; la de grado VII a IX de «preciable» o «moderada», y la intensidad IX o mayor «causada» o «peligrosa», proyectando como complemento de este mapa estudiar todas las zonas de mayor interés de planos denominados de «micro-zonas».

En un pequeño mapa destaca las cuadrículas con actividad sísmica superior a VI de la relación de los sismos utilizados para el trazado del mapa. En el mapa 1:2.000.000 se observan zonas correspondientes a los cincuenta años de probabilidad del grado de intensidad, como Galicia, Cataluña y Andalucía, de consideración muy interesante, desde un punto de vista geológico, petrográfico y tectónico.—L. DE A.

GEOLOGIA

CORRENS, C. W.; FRECHEN, J.; HILLER, W.; LOUIS, H.; MEHNERT, K. R.; SCHMIDT-THOME, P.; SCHWARZBACH, M.; SEIBOLD, E.; WEDEPOHL, K. H.; herausgegeben von ROLAND BRINKMANN: *Lehrbuch der allgemeinen geologie* gemeinsam mit. «Bona Zewei Bände-Erster Band. F. Enke». Verlag, Stuttgart, 1964. 520 págs., 297 grabados en el texto, 38 cuadros y una lámina en color, 155 x 240 mm.

Este «Tratado de Geología general», editado por R. Brinkmann, consta de dos tomos. El primero, publicado a fines del año 1964, ha sido redactado por parte de los autores que arriba figuran, quienes se han hecho cargo de distintos capítulos, como a continuación describiremos.

La obra se inicia con dos capítulos redactados por R. Brinkmann, que sirven el primero para definir los temas objeto de estudio de la Geología y el segundo para esta disciplina dentro de las Ciencias Naturales.

El capítulo primero (Fenómenos geológicos) estudia en esquemas sintéticos los siguientes temas: meteorización, denudación y ciclo del agua, Transporte, Depósitos marinos, Tectonismos y orogénesis, Fenómenos volcánicos y plutónicos, Metamorfosis, División estratigráfica de la historia geológica de la Tierra.

El capítulo segundo, cuyo título general es la Geología como ciencia, expone algunas consideraciones generales sobre los conceptos inducción, hipótesis, teoría, define las distintas partes en que se divide la Geología, y sintetiza su historia. Los métodos de la Geología son objeto de unas reflexiones interesantes, con las que termina este capítulo.

La obra, después, se divide en dos partes: La primera trata de «la tierra firme», que abarca desde el capítulo tercero hasta el noveno. La segunda parte trata del «mar» y comprende los capítulos décimo a décimoseptimo.

El capítulo tercero, redactado por H. Louis, describe los fundamentos de la geomorfología y, los grupos de fenómenos de geodinámica externa que pueden distinguirse.

El capítulo cuarto, redactado por M. Schwarzbach, estudia la meteorización y la formación de los suelos. A tratar de los terrenos calizos se describen también los fenómenos del karst. En la descripción de los suelos, junto a numerosos cortes edafológicos,

figura la lámina en color, que muestra ejemplos de varios tipos de suelos de la Europa central.

El capítulo quinto, escrito por M. Schwarzbach, estudia el ciclo del agua en su primera parte y el agua subterránea en su segunda parte. Esta última alcanza una extensión grande, de especial interés.

El capítulo sexto, a cargo de H. Louis, trata de la denudación y acumulación realizadas por el agua corriente y de las formas resultantes. Se estudian las ideas geomorfológicas de W. M. Davis, Penck y otros; se describen las conexiones entre el relieve y el clima; se termina con la descripción del relieve cárstico.

Redactados por M. Schwarzbach, siguen los capítulos séptimos (la actividad geológica de los lagos); octavo (la actividad geológica del hielo y las regiones periglaciales) y noveno (la actividad geológica del viento).

Son de interés los datos sobre las condiciones de la sedimentación y sobre los depósitos clásticos y orgánicos en los lagos; sobre los sedimentos glaciares y periglaciares, y sobre los depósitos eólicos en sus respectivos capítulos.

Los capítulos décimo a diecisiete, que abarcan la segunda parte, «el mar», han sido todos escritos por E. Seibold. Los cinco primeros comprenden: el capítulo décimo, formación y contenido; el undécimo, denudación, transporte, sedimentación; el duodécimo, los componentes clásticos de los sedimentos marinos; el décimo tercero, los componentes químicos de los sedimentos marinos; el décimocuarto, los componentes orgánicos de los sedimentos marinos; este capítulo, de gran extensión, constituye un completo estudio de las condiciones de la vida en el mar, describe a continuación las proporciones en que toman parte los diversos elementos químicos, en la formación de los materiales hallados en el fondo del mar y los más importantes grupos de organismos marinos.

Los capítulos 15, 16 y 17 comprenden la descripción de las regiones marinas; el capítulo 15 se dedica a las regiones costeras; el 16 a las regiones neríticas y el 17 a las regiones batiales.

Cada uno de los diecisiete capítulos de que consta este primer tomo, va seguido de una bibliografía sucinta, pero en la que se comprueba el cuidado con que ha sido elegida, y que comprende las obras más recientes, junto a las clásicas de las materias en ellos tratadas. La abundancia de fotografías, y de cuadros conteniendo los datos más recientes obtenidos en las distintas investigaciones, el carácter sintético con el cual aparecen redactadas las cuestiones estudiadas, hacen de esta obra un libro de consulta, indispensable al geólogo que desee hallarse al día en tantos temas, cercanos o alejados del suyo propio, facilitándole además el camino para ampliarlos.

Dos índices, uno de autores y otro de materias, terminan este primer tomo.

La presentación de esta obra, el excelente papel satinado en que ha sido impresa, contribuye a hacerla agradable al lector.—J. G. DE LL.

MICHEL, COLCHEN: *Nouvelles données sur le carbonifère de la Sierra de la Demanda*. (Burgos, Espagne). «Académie des Sciences», págs. 1696-1699. CCLX, 8, février, 1965.

El autor a que nos referimos da las siguientes conclusiones: Los nuevos datos paleontológicos y litológicos: floras de Westfaliense B-C al NW y del Westfaliense D a Oeste, facies más francamente marinas al NW, con faunas abundantes de Braquiópodos y Fusulinas, caracteres litorales de niveles de base de uno y de otro conjunto, conduce todos a la misma conclusión, a saber: «Desplazamiento en el curso del Westfaliense medio y superior del área de sedimentación de las formaciones carboníferas de la Sierra de la Demanda, del N-N-E hacia el S-S-O».—L. DE A.

MICHEL COLCHEN: *Successions lithologiques et niveaux repères dans le paléozoïque antecarbonifère de la Sierra de la Demanda*. (Burgos-Logroño, Espagne) «Académie des Sciences», págs. 4758-4761, CCLIX, 2 décembre, 1964.
«Académie des Sciences», vol. 21, págs. 4758-4761, CCLIX, décembre, 1964.

La sucesión litológica de los horizontes superiores del Paleozoico antecarbonífero de la Sierra de la Demanda, presenta una similitud importante con los niveles asegurando el paso del Cambriano al Ordoviciense, conocido en otras regiones de España y de Francia. Este hecho y el descubrimiento de un nivel conglomerático, permiten considerar nuevas atribuciones estratigráficas, para las formaciones que están generalmente referidas al Cambriano.—L. DE A.

MICHEL COLCHEN: *Sur les formations carbonifères du nord de la Sierra de la Demanda*. (*Chaines Iberique, Espagne*), «Académie des Sciences», págs. 2863-2865, CCLLVIII, 9 de marzo de 1964.

El autor en el estudio a que nos referimos dio las siguientes conclusiones:

Las formaciones carboníferas del Norte de la Demanda, netamente discordantes sobre las formaciones cambrianas, fueron depositadas posteriormente a la fase orogénica paleontina (pre-Westalíen B). La sedimentación fue seguida de manera continua durante el Westalíen medio y superior. Ligeros movimientos epirogénicos, ecos débiles de las fases orogénicas asturianas, se traducen por una discordancia, ciertamente débil pero bien demostrada, entre el Triás y el Carbonífero.—L. DE A.

PIERRE RAT: *Problèmes du Crétacé inférieur dans les Pyrénées et le nord de L'Espagne*. «Sonderdruck aus der Geologischen», Rungschau Band 53, 1963, págs. 205-220.

A través de publicaciones recientes, se investigan los hechos importantes y las orientaciones nuevas de la estratigrafía del Cretáceo inferior.

El Jurásico terminal (post-calloviense) ha sido señalado por una extensión considerable de superficies emergidas. Es el punto de partida de una paleogeografía de estilo nuevo. Se debe plantear un conflicto casi permanente entre una sedimentación terrígena, arcillo-arenosa, y una sedimentación talasogena esencialmente caliza. La primera depende fundamentalmente de las condiciones locales. La segunda, idéntica durante largas duraciones en todos los dominios del Mediterráneo, expresa verdaderas constantes mesógenas: calizas con Rudistas, y series de Orbitolinas.

El desarrollo histórico, una sedimentación bastante calmada pero variada, lacustre e incluso marina, ha precedido en diversos puntos la descarga terrígena masiva del clásico «Wealdense» gredoso. El descubrimiento del Neocomiense marino modifica las concepciones sobre la transgresión aptiense.

El episodio detrítico albense de las capas de Utrillas, aparece como un fenómeno de gran extensión: una variación climática pudo ser la causa. Para cada una de estas capas no obstante queda mucho por investigar, así como para obtener correlaciones más seguras, y dataciones.—L.

AART BROUWER: *El Devoniano inferior en las montañas cantábricas* (España del Noroeste). Resumen de la comunicación presentada con el número 3 en el Coloquio sobre el «Devoniano inferior y sus límites», celebrado en Rennes del 16 al 24 de septiembre de 1964.

La región asturico-leonesa: el sector central de la cadena de las montañas bordeando de la costa Norte de la Península Ibérica, está constituida casi exclusivamente de terrenos paleozoicos no metamórficos.

Es formada por pliegues dibujando grandes arcos, donde las concavidades giran hacia el Este y rodean la cuenca hullera de Asturias. La historia tectónica de esta región es bastante complicada.

El estudio ha sido realizado en colaboración con estudiantes de la Universidad de Leiden (el autor pertenece a los Laboratorios de Estratigrafía y de Paleontología de la mencionada Universidad).

Límite Siluro-Devoniano.—Este límite es imposible de precisar.

En las montañas cantábricas, desde el punto de vista litológico, hay una sucesión de grupos: grupos de Luna, en la base, forma una alternancia de esquistos y de rocas calcáreas. Grupo de Bernesga en la cúspide, forma alternancia de caliza y rocas detríticas. En las capas inferiores del grupo de Bernesga, se encuentran fósiles siegenianos y también algunas especies gedinienses.

En la parte superior del Grupo de Luna, la formación de San Pedro corresponde al Ludloviense, puede ser incluso todavía Wenlocciense y en la parte inferior del Geriniense.

El límite siluro-devoniano no corresponde al límite de los grupos de Luna y de Bernesga y su posición no puede ser fijada con precisión. Los microfósiles, actualmente en curso de estudio, pueden aportar una solución.

Facies astur-leonesa.—Corresponde a una alternancia de rocas calizas y dolomíticas de rocas detríticas gredosas indicando un depósito en un mar poco profundo con una fau- bética abundante.

La formación inferior (formación de la Vid) reposa sin límites diferenciados sobre la formación de San Pedro, comportando de abajo a arriba un aumento de calizas. En la base, las calizas dolomíticas encierran una fauna idéntica a la de San Pedro, con elemento característico «*Spirifer mercuri*». Encima las faunas son más abundantes con «*Hysterolites hystericus*», «*Spirifer subsulcatus*», «*Brachyspirifer rousseaui*», «*Fimbrispirifer rojasi*», indicando el Siegeniense. La mayor parte de la formación de la Vid pertenece al Siegeniense superior. En la parte superior de esta formación de la Vid existe una fauna emsiense: «*Euryspirifer paradoxus*», «*Spinella suspiciosus*», «*Paraspirifer cultrijugatus*», «*Spinocyrtia subcupidatus*», «*S. alatiformis*».

Facies paleociense.—Diferente de las facies astur-leonesas, se encuentran al Norte de la provincia de Palencia y se extiende en unos 30 kilómetros. Tiene pocas calizas en masa pero las calizas finas o nodulares alternan con las pizarras. La fauna es diferente de las facies astur-leonesas y comporta sobre todo Cefalópodos, Trilobites, Tentaculites y Libranquios. Esta facies corresponde a un mar más profundo de la facies astur-leonesa. La sucesión comienza por la formación de Carazo (Rocas calizas con intercalaciones de esquistos y fauna rica de Braquiópodos y Tentaculites). Continúa con la formación de Lebanza, constituido por calizas, ricas en Braquiópodos, y conteniendo también Stromatolitos y Polyperos. Los primeros bancos corresponden al Getiniense, y los últimos al Siegeniense medio.

Encima está la formación de la Abadía, constituida por una alternancia de pizarras calizas, sin relaciones con la facies astur-leonesa.

Límite entre el Devoniano superior y medio.—Este límite no puede ser precisado. La aparición de «*Spirifer cultrijugatus*» es bastante irregular en la montaña cantábrica (a veces en la cúspide Santa Lucía, a veces a la base de esta formación).

J. P. PLANCHÓN: *Observaciones sobre el Devoniano inferior del Sahara español (Región de Smara)*. Resumen 29 de las comunicaciones presentadas en el Coloquio sobre el Devoniano inferior y sus límites, celebrado en Rennes del 16 al 24 de septiembre de 1964.

El Paleozoico aflora ampliamente en el Sahara español bajo la forma de una banda monoclinial, modelada al zócalo precambriano y presentando pendientes bastantes débiles. Las direcciones de afloramientos, sensiblemente Este-Oeste después de la frontera mauritánica, cambia a los alrededores de los 11° de longitud Oeste, para venir Norte-Nor-Este Sur-Sur-SW, más al Sur.

Gediniense.—El Gediniense contiene una fauna muy comparable a la de Europa (Bohemia Artois.) y ha sido reconocida. Su base muy corrientemente falta por aluviones recientes y afloran mejor en los alrededores de la frontera Sahara español-Mauritania (26°). Los Graptolites de la base del γ de Bohemia (determinados por el doctor H. Jager) fueron encontrados dos metros encima en un nivel calizo gotlandiense con los lopolitos de *Scyphocrinites*.

En los alrededores de Smara, el Gediniense alcanza 135 metros de potencia. Es afectada de una cierta subsidencia por comparación con las mismas series de la región de Tindouf. En esta discordancia hacia Gara Djebilet (Argelia), no parece que sea aquí de manera apreciable.

Sigeniense.—La base del Sigeniense se parece a la de la Saoura, principalmente desde un punto de vista faunístico. La presencia constante de un nivel ferruginoso oolítico puede ser el eco de una laguna de una parte del Gediniense o mayormente del Sigeniense. El Sigeniense comprende varios niveles fosilíferos conteniendo las faunas típicas del Sigeniense de Europa.

Emisiense.—El conjunto Sigeniense-Emisiense alcanza unos 120 metros de espesor. Es más difícil caracterizar por la rareza de fósiles.

Couviense.—La discordancia del Couviense es bien marcada.

Las series devonianas de la región de Smara, harán pues el enlace entre los bordes ircompletos y reducidos (región de Tindouf) y los más completos corrientemente afectados de subsidencia de Zemmour, y del Ougarta y probablemente del flanco N. del sinclinal de Tindouf.

GEONUCLEÓNICA

J. CASANOVA y C. FERNÁNDEZ CARRACEDO: *Determinación de elementos radiactivos en arenas*. I. Estudio Autorradiografiado con emulsiones fotonucleares. «Anales de Física y Química», págs. 249 a 254, Serie A), Física, núms. 11 y 12, noviembre y diciembre 1964.

Los estudios radiactivos de impresiones de partículas alfa en emulsiones nucleares, iniciados hace varios años en el Laboratorio de Radiactividad y Geonucleónica del Instituto Geológico y Minero con rocas gallegas, los vemos continuados para el caso de las arenas gallegas en este trabajo, de la Universidad de Santiago, donde se describe la técnica más adecuada para su realización.

Según los autores, las concentraciones determinadas con esta técnica, de uranio y de torio, son concordantes con las logradas químicamente.—L.

J. CASANOVA y C. FERNÁNDEZ CARRACEDO: *Determinación de elementos radiactivos en arenas*. II. Estudio de la radiactividad individual en cada grano. «Anales de Física y Química», págs. 255 y 256, Serie A), Física, núms. 11 y 12, noviembre y diciembre, 1964.

El objeto de esta segunda parte, es la localización de los emisores alfa en cada uno de los granos, por englobamiento en una emulsión foto nuclear en forma del gel. Dicen que los valores obtenidos para las trayectorias más largas, correspondientes a las partículas emitidas por ^{238}U , son coincidentes con las determinadas ahora con los monacitas.—L.

ALLEGRE CLAUDE: DESCHAMPEL, NOBERT, FAUCHERRE, JACQUES y HANDEL-MONSTARD, MONIQUE: *Contribution à la géochronologie par la méthode rhenium-osmium*, «C. R. Soc. Geol. de France», núm. 8, págs. 297 a 299, 1964.

Cuando vimos el periodo de semidesintegración del ^{187}Re , superior a los 10^{10} años, no dudamos de su utilización como base de una técnica de medición de edades absolutas («Boletín de Radiactividad, 1950).

En el trabajo que comentamos, vemos es una realidad palpable nuestra suposición. Los autores a partir de 30 g. de molibdenita, determinan su edad para la evolución $^{187}\text{Os}/^{181}\text{Re}$, la cual tiene un periodo de semidesintegración de $4,2 \times 10^{10}$ años. La valoración del osmio la efectúan por espectrofotografía, estrictamente, y la del renio por activación neutrónica.—L. DE A.

P. M. HURLEY: *Twelfth annual progress report for 1964 variations in isotopic abundances of strontium calcium, and argon and related topics*. Department of Geology and Geophysics Massachusetts, Institute of Technology, diciembre, 1964.

Este informe, de gran interés como los anteriores, contiene los siguientes trabajos:

Determinación de la edad de los meteoritos por el $\text{Rb}^{87} \text{Sr}^{86}$. Variación de las composiciones isotópicas del estroncio y estudios de la provincia de Grenville Ontario. Estudio de la redistribución del estroncio, para sus condiciones controladas de temperatura y presión. Análisis de rubidio-estroncio en rocas ultramarinas y el origen de las peridotitas. Determinaciones de Rb-Sr en las condritas carbonosas. Disminución de trazas de elementos en el manto superior. Composiciones isotópicas del estroncio en cuatro diques de carbonatos. Preliminar estudio del Rb-Sr en los neises de Bethlehem. Determinación de la edad por Rb-Sr en las tectitas de Ivory Coast. Investigación y composición isotópicas del estroncio en las rocas ricas en estroncio y rubidio de minerales de ganga de criaderos de tipo hidrotermal. La edad de Rb-Sr de las pizarras precambrianas de Nonesuch en Michigan. Reexaminación del Rb-Sr en la determinación de edades Sudbury, Ontario. Abundancia del estroncio 87 en las rocas volcánicas de Hawaiian. Progreso en las investigaciones de Rb-Sr y algunas rocas de New England. Composición isotópica del estroncio en rocas carbonosas de Keshya y Mkwisi. La distribuciones anormales del estroncio radiogénico 87 en los minerales de las pegmatitas y contaminaciones en rocas de Strickland. 1.ª separación de Sodio, Potasio y Rubidio por columnas de intercambio cationico. Algunos aspectos de la geoquímica del estroncio en las aguas corrientes y marinas. Baja abundancia del Sr^{87} en las carbonatitas de Ontario. La edad Complejo galaico del Duluth y de la Endion Sill por el método del Rb-Sr.—L.

GEOTECNIA

C. VEDER: *La importancia de los campos eléctricos naturales para la electromosis y electrocatálisis en obras de tierra*. «Der Bauingieur», octubre 1963. 25 figuras.

Se expone en este trabajo la importancia e interés de los campos eléctricos naturales en la Mecánica del Suelo, demostrando la posibilidad de extraer el agua por procedimientos eléctricos, así como también la estabilización de taludes por simple destrucción del potencial eléctrico existente entre los estratos.

O. K. FRÖHLICH: *Fundamentos de la estática de los taludes de tierra*. «Ber Bauingieur», octubre 1963.

Trata del estudio de la estabilidad de un talud, considerando que las superficies de deslizamiento son cilindros circulares de centro y radio arbitrarios. También se define el grado de seguridad de los taludes.

R. VOSS: *Estudio sobre la compactación de las obras de tierra*. «Strasse und Autobahn», noviembre, 1963.

Se distinguen los casos de tierra vegetal, tierra coherente y tierra dura. Se estudia la protección contra las heladas y la necesidad de realizar ensayos para obtener los resultados apetecidos.

R. JAPELLI: *Características geotécnicas de las mezclas de suelos incoherentes con bentonita*. «L'Energia Elettrica», marzo 1964.

Se exponen los resultados de una investigación teórica y experimental sobre el comportamiento de las mezclas suelo-bentonita, especialmente en lo referente a compactación y permeabilidad. Se estudian las proporciones óptimas y el comportamiento de la bentonita natural y activada, estableciéndose una clasificación de las bentonitas según sus límites de consistencia.

RUDOLF KLEIN: *La conveniencia de estudiar las formaciones geológicas al construir túneles con revestimiento de hormigón proyectado*. «E. T. R.», mayo 1964.

Al desaparecer la entibación de madera y construir túneles empleando hormigón proyectado para revestimiento, se ha experimentado un gran progreso, ahorrándose tiempo, simplificando trabajo y reduciendo costes. Es necesario entonces conocer con detalle las propiedades de las rocas que se atraviesan en la perforación.

GEOTECTONICA

L. JONES: *Utilisation des nivellements dans l'étude des Mouvements du Sol*. «Bulletin des Séances de l'Arson», 1964-4, Bruxelles, 1965.

Después de haber considerado los principales aspectos del problema del nivel de los movimientos del suelo, puede ser interesante presentar una concepción de un programa

de su vigilancia. Este debe ser realizado en cada país, por la organización competente, bien entendido que un fenómeno natural no conoce las fronteras políticas. Afortunadamente existe desde hace algunos pocos años una Comisión Internacional para los movimientos recientes de la corteza, que tiene como objeto recopilar los datos naciones, muy probablemente, de coordinar las investigaciones nacionales.

La red de nivelación de precisión constituye la base del sistema de vigilancia de los movimientos del suelo. En efecto, las reiteraciones de nivelación, ocasionales o premeditadas, realizadas localmente, permitirán delimitar poco a poco las zonas estables del movimiento propio de origen geológico o minero. Las zonas aparentemente estables deben ser objeto de nivelaciones reiteradas de envergadura, con intervalos de una o varias decenas de años, con objeto de destacar, o de seguir, movimientos tectónicos de carácter secular. En cuanto a las zonas inestables, su nivelación será reiterada por intervalos interiores.

Toda una documentación estará así constituida en el curso del tiempo. No será limitada a los datos numéricos, consecuencia de nivelaciones; comprenderá además los datos geofísicos que puedan interesar al fenómeno estudiado.

Cuando se trata de zonas estables o inestables, la investigación será especialmente orientada hacia la existencia posible de trozos de suelo que juegan en un bloque. Estos deberán ser equipados de bases clinométricas de superficie.

Toda la documentación de las nivelaciones y de las observaciones geofísicas, deberá ser centralizada y estudiada de manera crítica para conducir a una representación sobre un mapa que permita hacer aparecer los diversos movimientos, su dirección y su amplitud, y llegar a conclusiones, científicas o de interés práctico. Una tal documentación podrá ser consultada por todos aquellos que realizan trabajos, a los cuales la existencia de movimientos del suelo, puedan perjudicar.

Se comprende, pues, que la vigilancia de los movimientos del suelo debe ser una prerrogativa del servicio oficial. Este único bien habilitado habrá de proceder con medidas que se extenderán sobre todo el país a centralizar una documentación procedente de fuentes diversas, a difundir ampliamente sus resultados y sobre todo, a asegurar la continuidad en el curso de los años. Se puede esperar en que en ningún país, la vigilancia de los movimientos del suelo quede sin organizar, planificada de la misma manera que otras actividades de investigación.

El autor destaca de este programa el doble fin científico y práctico. Algún día los organismos competentes podrán estimar el problema de los movimientos del suelo suficientemente importantes para integrarlos en la planificación de las investigaciones de utilidad pública.—L.

GLACIOLOGIA

G. DE Q. ROBIX: *Glaciología*. «Endeavour», vol. XXIII, núm. 89, pág. 102, mayo, 1964.

El agua solidificada en los mantos de hielo polares es sumamente pura, y es razonable intentar la comparación de los estudios de laboratorio con los de campo sobre las propiedades del hielo. El artículo describe el estudio del hielo como material plástico y los intentos de confirmar las teorías por la investigación de los glaciares actuales y de los breñes de glaciares prehistóricos.—L.

HIDROGEOLOGIA

E. C. CHIDS: *El movimiento del agua subterránea*. «*Endeavour*», volumen XXIII, número 89, págs. 81 a 84, mayo 1964.

Hace más de un siglo se desarrolló un estudio del movimiento del agua a través del suelo, considerando que era análogo al flujo del calor a través de un conductor. Este razonamiento puede aplicarse sólo en los casos más simples, porque la conductividad hidráulica de un determinado tipo de suelo depende en parte de su historia. Esta simple teoría se extiende a casos más complejos en el laboratorio, y al estudio del drenaje de los terrenos y la irrigación.—L.

MINERALURGIA

J. L. LIMPO, y J. M.^a SASTAGA: *Tostación clorurante de minerales pobres complejos. Cenizas de pirita*. «*Rev. de Metalurgia*», I, num. 1, págs. 5 a 21, enero febrero, 1965.

Se estudia la tostación clorurante y volatilizante de los metales no féreos: cobre, cinc y plomo, existentes en las cenizas de pirita. En una primera parte se determinan las reacciones de cloruración, así como las temperaturas a las que se realizan por medio de ensayos en termobalanza. Las tostaciones se verifican en atmósfera cloro-oxígeno. A continuación se hace un estudio de la eliminación de estos metales de la masa férrica en ensayos efectuados en lecho fluido estático. El proceso que controla la eliminación del cinc está determinado por la reacción química de cloruración, mientras que en el caso del cobre y plomo está determinado por la volatilización del cloruro formado.

Las técnicas utilizadas han permitido sacar datos concretos sobre la cinética de cloruración del óxido de cinc existente en las cenizas. La eliminación de este metal sigue una ley del tipo $dx/dt = K(100 - x)$, siendo x el tanto por ciento de cinc eliminado por volatilización en el tiempo t . La velocidad de cloruración es directamente proporcional a la presión parcial del cloro y en cuanto a la temperatura, su influencia es notable, se cumple la ecuación de Arrhenius, siendo el valor de la energía de activación 16,0 Kcal/mol. Los resultados obtenidos muestran que es posible la eliminación de estos metales no féreos de las cenizas por medio de una tostación clorurante volatilizante. Se han obtenido eliminaciones en tostaciones verificadas a 750° C del orden de 90 por 100 para cobre y cinc, y próximas a este valor para el plomo.

PALEONTOLOGIA

R. BUSNARDO, S. ELM y C. MANGOLD: *Ammonites callovienses de Cabra (Andalucía)*. Trabajos del Laboratorio de Geología de la Universidad de Lyon, núm. 11, págs. 49-92, 1964.

Un nivel estratigráfico rico en Ammonites callovienses ha sido descubierto en el Subbético de Cabra. El estudio de los Ammonites, especialmente Reineckeidos y Indosphinctes, lleva a descubrir un nuevo subgénero: «Egabrensiceras» y seis nuevas especies. Esta fauna intermedia entre la fauna calloviense de Europa y de la India o Madagascar, permite realizar correlaciones a gran escala.

P. DOZÈ: *Los Ostrácodos herrianienses de los macizos subalpinos septentrionales (Bauge y Chatreuse)*. Trabajos del Laboratorio de Geología de la Universidad de Lyon, número 11, págs. 103-158, 1964.

Se trata de una descripción sistemática de una importante fauna de Ostrácodos, originarios de diversos yacimientos de la región estudiada, y comprendiendo numerosas formas nuevas.

Y. ALMERAS: *Braquiópodos del Lias y del Dogger. Ensayo bibliográfico y crítica de paleontología estratigráfica*. Documentos de los Laboratorios de Geología de la Facultad de Ciencias de Lyon, núm. 5, 161 págs., 1964.

Con una cuidada presentación, he aquí una obra importante para todos aquellos paleontólogos interesados en Braquiópodos del Jurásico. Una lista bibliográfica de 482 títulos recoge la mayoría de las obras publicadas, sobre Braquiópodos especialmente en Europa Occidental. Desde la página 48 hasta la 117 se expone un gran cuadro con la situación de todas las especies en las diversas zonas del Retiense al Batoniense. Se acompaña un índice alfabético que facilita enormemente el uso de esta obra.

B. WALTER: *Catálogo de los «types» y «figurés» conservados en la Facultad de Ciencias de Lyon. 2.^a lista: Braquiópodos*. Docum. Labor. Geol. Facultad Ciencias de Lyon Núm. 6, 103 págs., 1964.

Se trata de 197 especies de Braquiópodos conservados en las colecciones de la Facultad de Ciencias de Lyon. Para cada fósil se indican los nombres del género, especie y autor, fecha de publicación, sinonimia, horizonte estratigráfico, localidad recolectora, etc. Al fin del volumen figura un índice alfabético.

G. DUPRÉ: *Contribución al estudio de los yacimientos prehistóricos de Sant du Perro (Loira)*. Documentos de los Laboratorios de Geología de la Facultad de Ciencias de Lyon, 88 págs., 25 cuadros, 37 fotografías, 1964.

Se indican los trabajos efectuados en los yacimientos prehistóricos de Sant du Perro. Se describen los conocimientos ya adquiridos, así como los problemas que aún quedan por resolver. El capítulo segundo expone los resultados estratigráficos y sedimentológicos a lo que ha llegado el autor. El capítulo tercero presenta los resultados del análisis de la flora y fauna recogidas. Los dos capítulos siguientes se refieren a aspectos arqueológicos y descripción de los útiles recogidos. Como final, en una conclusión general se indican los resultados nuevos obtenidos en materias cronológica, geológica y del «habitat».

OTTO F. GEYER: *Beiträge zur stratigraphie und paleontologie des Jura von ostspanien eine korallen-fauna aus dem oberjura der Montes Universales de Albarracín. (Provincia de Teruel)*. N. Jb. Geol. Paleont. Abh. CXXI núm. 3 págs. 219-253, febrero 1965.

El autor describe la primera fauna grande de corales del Jurásico de España. En el Jurásico superior de los Montes Universales de Albarracín (provincia de Teruel)

aparece una facies de corales, margosa y calcárea. Los cortes estudiados muestran que la facies de corales cambia lateralmente a una facies de calizas oolíticas. Las margas coralinas, arenosas, de Terriente, son de una edad anterior al complejo de arrecifes de Jabaloyas; este último, se superpone en Terriente a las margas coralinas. Con base en escasas amonitas encontradas, el autor asigna la facies de corales y la facies de calizas oolíticas a la parte superior del Kimeridgense inferior y a la parte inferior del Kimeridgense superior.

La fauna de corales descrita comprende 24 géneros y 46 especies 3 especies son nuevas. La fauna está compuesta principalmente de colonias nodulosas, masivas (85-90 %). La fauna de corales de Jabaloyas (complejo de arrecifes) y la de Terriente (margas coralinas), se diferencian considerablemente en su composición. Responsable de ello, son no razones estratigráficas, sino condiciones ecológicas diferentes. La colonización de los corales por organismos extraños es particularmente intensa en las margas coralinas. Mientras en las calizas de arrecifes los corales están cubiertos, ante todo, de serpulidos y esponjas calcáreas, en Terriente se encuentran, además de los serpulidos, principalmente ostras.

Comparaciones hechas con las faunas de corales del Jurásico superior de Portugal y de Europa Central (Jura suizo, Alemania meridional), permiten reconocer, claramente, relaciones entre la situación geográfica y cuotas de especies comunes. El 80 % de las especies de la fauna de corales de los Montes Universales es común a la del Jurásico superior portugués. Por lo de más, las comparaciones entre las faunas españolas, portuguesas y alemanas del sur, confirman la asignación de edades adoptada. Una pequeña fauna de corales de la Sierra de Mariola (provincia de Alicante), descrita hace pocos años, es seguramente más joven que los yacimientos aragoneses.—L.

PETROLOGIA

J. KLERKX: *Sur la presence de syntigmatite a L'Etna*. «Ann. Soc. Geologique de Belgique», t. 87, 1963-1964. Bull. 5, junio 1964

Estudia el autor un anfíbol pardo procedente de la caldera del Trifoglietto, que determina como sintigmatita, después de haber comparado los caracteres de diversos anfíboles pardos. Describe los diferentes tipos de oxidación y descomposición observadas en los anfíboles estudiados y deduce que, después de que la oxidación, se hace siempre bajo el efecto de un aumento de temperatura en la parte superior del magma, la descomposición total del anfíbol no se puede hacer más que en ciertas condiciones de temperatura y de presión, realizadas únicamente en las coladas espesas: La hornblenda viene inestable a causa del PH_2O muy débil, y se transforma enteramente en pigeonita, plagioclasa de óxidos y olivino, después de un refriamiento suficientemente lento permite el fin de la reacción.—L.

K.M. HAROUN TAZIEFF y FRANCO TONANI: *Fluctuations rapides et importantes de la Phase gazeuse éruptive*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 257, págs. 3.985-3.987. (16 de diciembre de 1953). Bruxelles 1964.

Sin intentar prejuzgar por parte de los autores la importancia geológica de las conclusiones que es posible obtener de los análisis subcontinuos hechos de manera sistemática sobre los diferentes tipos de fumarolas volcánicas, en vista de los primeros resultados obtenidos, dan el siguiente avance:

1.º Que la composición, naturaleza y leyes de la fase gaseosa es función de la actividad manifestada por el volcán, sus fluctuaciones siguen muy de cerca las del cráter.

2.º Que esta fase gaseosa es extremadamente variable, en el tiempo y en el espacio, y que su naturaleza no puede ser estimada de una manera aceptable, cualitativa y cuantitativamente, más que al término de la serie de análisis subcontinuos (o continuos) suficientemente prolongados y proseguidos de manera sistemática.

3.º Las consideraciones de orden volcánico, magmatológico, petrográfico y geológico, basadas en los análisis anteriores, donde el defecto congenital es ofrecer como representativas de valores instantáneos, algunos de los parámetros evidentemente variables, deberán ser reconsiderados enteramente.—L.

PROSPECCION

JUAN I. SELL CANTALAPIEDRA, JUAN ORTEGA FERNÁNDEZ y FRANCISCO MINGARRO MARTÍN: *La prospección Geofísica Aplicada a las investigaciones geológicas. I. Prospección Geoeléctrica en el estudio hidrogeológico de Barajas de Melo (Cuenca)*. «Revista de Geofísica», Enero-junio 1964. Núm. 89-90.

Se exponen los resultados de una campaña de prospección geoeléctrica en la zona denominada «Donace», del término municipal de Barajas de Melo (Cuenca), parte integrante del estudio hidrogeológico de la conarca.

La región está constituida por sedimentos terciarios impermeables, en contacto con un bloque cretáceo calizo-margoso a lo largo de una amplia zona de fractura. Individualizada ésta, y determinadas las características litológicas e hidrogeológicas del bloque cretáceo por métodos geoeléctricos, se seleccionaron cuatro puntos en que fueron efectuados sondeos mecánicos.

El desarrollo y aforo de estas perforaciones proporcionó un caudal medio de (300 dm³ s) para cada una de ellas.—L.

PREPARACION DE MINERALES

J. L. NIÑO: *Concentración de los minerales de hierro de la zona galaico-leonesa por separación magnética (Baja intensidad)*. «Rev. de Metalurgia», I, núm. 3, págs. 22 a 36, febrero de 1965.

El presente trabajo constituye el punto inicial de un estudio acerca de la concentración de los minerales de la zona galaico-leonesa, que por su carácter magnético son susceptibles de ser enriquecidos por separación magnética a baja intensidad.

Se han realizado ensayos, a escala de laboratorio, con minerales procedentes de tres criaderos de la zona, para relacionar la concentrabilidad del mineral con su dimensión granulométrica.

«Los resultados ponen de manifiesto que sólo cuando el tamaño máximo de los granos es inferior a 0,043 mm, se obtienen concentrados considerablemente enriquecidos (64,67 % Fe; 2,5 a 3,5 % SiO_2 ; 0,22-0,35 % P).

Los rendimientos ponderales y por tanto los balances metalúrgicos de los ensayos con molineras a 0,043 mm, indican una satisfactoria recuperación de hierro metal, que es incluso superior a la del que se encuentra en forma de Fe_3O_4 , por recuperarse parte del que sin ser magnético (martita) está íntimamente asociado con la magnetita.

SISMOLOGIA

GONZALO PAYO SUBIZA: *La velocidad de fase en el estudio de la estructura corteza-manto. Ondas Rayleigh generadas por explosiones nucleares.* Estructura cortical de Europa Occidental. Enero-junio. 1964, núms. 89-90.

Desde septiembre de 1961 hasta enero de 1963 se han registrado en los sismógrafos del Observatorio de Toledo gran parte de las explosiones nucleares en Nueva-Zembla (21 en total). El estudio de estos registros, principalmente en relación con la dispersión de las ondas Rayleigh, ha sido el objeto de este trabajo.

Por medio de las curvas de velocidad de grupo y, sobre todo, de velocidad de fase, obtenidas de las ondas Rayleigh de las explosiones, se ha determinado una estructura corteza-manto para el camino Zembla-Toledo.

Esta estructura supone una corteza de unos 40 kilómetros de gruesa, con una primera capa sedimentaria de unos 5,5 kilómetros de espesor y de una velocidad de cizalla de 2,3 kilómetros. La medida de la velocidad en la capa granítica y basáltica conjuntamente es de 3,65 kilómetros, permitiendo una cierta ambigüedad en la posición entre ellas de la discontinuidad de Conrad. Al material subyacente bajo la corteza se le asigna una velocidad de 4,5 kilómetros, encontrándose mejor coincidencia con los datos registrados si se toma 0,28 para el valor de la razón de Poisson.

La dispersión de las ondas Rayleigh de estas explosiones se ha comparado con la de algunos sismos de Eurasia, de distancias epicentrales análogas a las de las explosiones, y con la de sismos del mismo azimut respecto de Toledo que Nueva Zembla, pero más alejados. El resultado muestra no haber una diferencia notable entre la dispersión de los sismos y las explosiones, ni entre las estructuras de los caminos sísmicos considerados.

La velocidad de fase entre los observatorios de Toledo y Málaga soporta la misma estructura anterior para este corto trayecto.

La velocidad de las ondas Lg que aparecen en los registros de las explosiones confirma esta estructura admitida, y de ello, a su vez, deducimos el mecanismo más probable de transmisión de estas ondas canales.

Registradas también con muy notables amplitudes en las tres componentes de ondas de presión transmitidas a través de la atmósfera, se ha estudiado el movimiento de la partícula del suelo a su llegada y el posible mecanismo de acción sobre los sismógrafos. Se ha calculado la dispersión de esta onda expansiva para la componente vertical de los tres registros más claros.

En la primera parte del trabajo se hace una descripción de los más recientes métodos de deducir la velocidad de fase, basados en el principio de la fase estacionaria, que luego hemos aplicado en la obtención de la velocidad de fase de las ondas Rayleigh.—L.

J. M. MUXEREA: *Recent seismological contributions in Spain.* Nota presentada al Congreso de EAEG, Madrid, mayo 1965.

Expone los principales resultados obtenidos en un estudio de la sismicidad de la Zona 10° W.-5.º E., Gr. y 35º-44º N., durante 1963 y 1964. Los estudios han sido publicados en doce monografías, cuyos títulos figuran en el índice y que comprenden ruido de fondo, ca-

de epicentros y de probabilidad. También se alude al proyecto en estudio de perfiles sísmicos profundos con explosiones subacuáticas, para investigar los estratos y espesores de la corteza y del manto superior en la Península Ibérica.—J. M. Q.

G. PAYO: *A model of crust-mantle structure for the Iberian Peninsula area.* Nota presentada al Congreso de EAEG, Madrid, mayo, 1965.

Expone los métodos y resultados obtenidos en dos estudios. El primero mediante ondas internas y el segundo con dispersión de ondas superficiales. Se deduce que la corteza de la Península Ibérica tiene, aproximadamente, un espesor medio de 31-33 kilómetros y el brazo del Mediterráneo, o de carácter oceánico, entre Argelia y España, es más o menos de 25 kilómetros de espesor de corteza.—J. M. Q.

VULCANOLOGIA

L. JONES: *La station clinométrique souterraine de Nicolosi au volcan Etna.* Communications num. 236 de l'Observatoire Royal de Belgique. Série Géophysique num. 69. V Symposium International sur les marées Terrestres. Bruselas, 1965.

El Centro Nacional de Vulcanología de Bélgica proyectó en 1961 la realización de un programa de investigaciones geofísicas sobre el Etna, establecido en común acuerdo por los profesores P. Eyraud y L. Jones.

El programa prevé entre otras el establecimiento de una primera red de cuatro estaciones clinométricas subterráneas en el Etna, orientadas según las direcciones cardinales. La estación Nicolosi es la que está funcionando desde 1962, y su descripción es el objeto de esta nota.—L.

H. TAZIEFF: *Il Vulcano Tinakula (Pacífico Occidentale).* «Atti della Soc. Toscana Sc. Nat.», vol. LXX, Serie A), Fasc. II, 1963. Bruselas 1965.

El volcán Tinakula, pequeña isla del Archipiélago de Santa Cruz, tiene analogías morfológicas con el Strómboli, pero el episodio terminal de su última fase de actividad difiere fuertemente del permanente, del volcán tirreniano. Los resultados de un estudio químico y petrográfico hecho sobre una muestra procedente de esta última actividad del Tinakula explica la razón de esta diferencia. El magma del Tinakula es notablemente más ácido que el del Strómboli y la fase vítrea de la lava es mucho más ácida que la parte cristalina, lo que explica la actividad de tipo peleano que ha caracterizado este volcán.—L.

GUY BONNET: *Etude des anomalies magnetiques du volcan Nyiragongo. Corps de révolution* Academia Royale des Sciences D'Outre Mer, XVII. Bruxelles, 1964.

La memoria que comentamos tiene por origen el levantamiento magnético de detalle ejecutado en el interior del volcán Nyiragongo, por la misión geofísica organizada en 1959, por el Comité Nacional de Vulcanología Belga, conjuntamente con el Instituto para la Investigación en Africa Central. (I. R. S. A. C.).

La interpretación de las anomalías de la competente vertical ha conducido al autor al cálculo del campo magnético de un cuerpo de revolución. Se ha demostrado la superposición de los conjuntos de lavas con inclinaciones diferentes de imantación.

Una intensidad de imantación media del cono fue calculado y comparado con el desmuestre efectuado previamente en el cráter.

Cierta hipótesis sobre la formación de las plataformas internas son emitidas por el autor.—L.

INDICE

	PÁGS.
Stephanian B flora from the Ciñera-Matallana coalfield (León) and neighbouring outliers. III. <i>Callipteridium</i> and <i>Alethopteris</i> , por R. H. WAGNER	5
Nota sobre el manchón westfaliense de Pendueles (Llanes-Asturias), por J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ... ..	71
Sobre un nuevo yacimiento del Paleolítico en Coslada (Madrid), por ESTEBAN MÁRQUEZ TRIGUERO... ..	77
Datos sobre las formaciones periglaciares de la zona montañosa del occidente de Asturias, por J. A. MARTÍNEZ ALVAREZ... ..	85
Estudio geológico de una parte de las laderas norteoccidentales de Sierra Nevada (Granada), por J. M. GONZÁLEZ DONOSO y J. A. VERA... ..	93
Sobre la estructura del valle de Arazas, al sur del macizo del Monte Perdido (Pirineos aragoneses, España), por M. PIERRE SOUQUET... ..	125
Investigaciones mineras, por J. DOETSCH SUNDHEIM... ..	129
Estudio del yacimiento de fluorita «Mina Berta» (San Cugat del Vallés, Barcelona).—IV. Estudios mediante tratamiento térmico (decoloración, análisis térmico diferencial, decrepitemetría), por JOAQUÍN MONTORIOL-POUS y MANUEL FONT-ALTABA... ..	145
Los mamíferos, y en especial los primates del Eoceno prepirenaico, por M. CRUSA-FONT PAIRÓ	159
Aplicación de los isótopos radiactivos en el estudio sobre aguas y en la industria del petróleo, por JOSÉ SUÁREZ FEITO... ..	167
Estudio de concentraciones de los minerales de hierro de la mina «San Carlos», de «Minera del Andévalo, S. A.», por JOSÉ M. ^a F. BECERRIL	213
Sobre la existencia de elementos escasos en los granitos de Galicia, por I. PARGA-PONDAL y J. M. LÓPEZ DE AZCONA... ..	221
Noticias... ..	237
Notas previas... ..	239
Datos estadísticos... ..	239
Economía... ..	245
Investigación... ..	270
Criaderos... ..	271
Novedades científicas e industriales... ..	277
Notas bibliográficas... ..	283
Cristalografía... ..	285
Geoelectricidad... ..	285

	<u>PÁGS.</u>
Geología... ..	286
Geonucleónica... ..	290
Geotectónica... ..	292
Glaciología... ..	293
Hidrogeología... ..	294
Mineralurgia... ..	294
Paleontología... ..	294
Petrología... ..	296
Prospección... ..	297
Preparación de minerales... ..	297
Sismología... ..	298
Vulcanología... ..	299

INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID - 3